

꿀벌과 호박벌 그리고 서양뒤영벌의 여름철 시설수박 화분매개활동 비교

이상범^{1*} · 최영철¹ · 박관호¹ · 하남규² · 황석조¹ · 김승렬³

¹농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 곤충산업과, ²경상남도 농업기술원 연구개발국 친환경연구과,

³경상남도 농업기술원 기술지원국 미래농업교육과

Comparison of the pollination activities among honeybee, *Apis mellifera*, and bumblebees, *Bombus ignitus* and *B. terrestris* in the watermelon houses on summer season

Sang Beom Lee^{1*}, Young Cheol Choi¹, Kwan Ho Park¹, Nam Gyu Ha², Seok Jo Hwang¹, Seung-Ryul Kim³

¹Insect Resources Division, Department of Agricultural Biology, The National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-100, Korea

²Eco-friendliness Research Department, Reseach and Development Bureau, Gyeongsangnamdo Agricultural Research & Extension Services, Jinjoo City 660-360, Korea

³Agricultural Technology Education Center, Extension Services Bureau, Gyeongsangnamdo Agricultural Research & Extension Services, Jinjoo City 660-360, Korea

(Received April 18, 2012, Accepted September 27, 2012)

ABSTRACT

This study was examined the characteristics on the pollinating activities of *Apis mellifera*, *Bombus ignitus* and *B. terrestris* as pollinators on the watermelon flowers(*Citrullus vulgaris* Schrad), and the effects of the pollination by pollinators compared to the artificial pollination in the watermelon green houses in Nonsan City on summer season in 2005. As a result, *B. ignitus* and *B. terrestris* could not be used for summer season, because the bumblebees were not pollinated effectively indeed even two days after hives were released at watermelon green houses during the summer cultivating period. It could not be controlled a poor watermelon house conditions; high temperature and low humidity on summer season which were the bad environment for pollinating activities of bumblebees. But this study was showed that *A. mellifera* could be used comparatively good pollinator instead of artificial pollination in spite of the bad environment for bee within the watermelon green houses on summer season.

Key words : Honeybee, *Apis mellifera*, Watermelon(*Citrullus vulgaris*), Foraging activity, Pollinator

서 론

수박(*Citrullus vulgaris* Schrad)은 아프리카원산의 고온 작물로서 한국에서는 봄철에서 가을철까지 하우스에서 주로 재배되고 있다. 수박은 생육적온이 주간 25~30°C, 야간 18~20°C이며, 꽃가루의 발아는 25~28°C가 적온이고 13~16°C가 최저온도, 35~40°C가 최고 한계온도이다. 암꽃의 분화는 주간 27°C, 야간 22°C 전후에서 잘 되지만 45°C를 넘어가게 되면 암꽃의 충실도가 나빠지며 착과절위도 올라간다. 과실의 성숙에 적당한 온도는 28~30°C로 온도

가 지나치게 높으면 생육이 나빠져 덩굴이 빈약해지고 육질이 무르게 되며 개화에서 수확까지의 적산온도는 800~1,000°C이다(RDA 2012, Seaton and Kremer 1939). 수박의 수분을 위하여 착과할 부위인 17~22마디에 꽃이 피면 오전시간을 이용하여 개화된 수꽃을 따서 암술머리에 문질러 인공수분 시키는 방법이 널리 사용되고 있으며, 최근에는 양봉 또는 서양뒤영벌을 이용하여 수박꽃을 수분 시키는 방법도 점차 늘어나고 있다(Yamada 1981, Lee et al. 2006, Lee et al. 2008). Lee et al. (2006)은 시설수박에서 꿀벌을 방사하여 인공수분과 비교한 결과, 과중이

*Corresponding author. E-mail: lsb3238@korea.kr

무겁고 과경과 과폭이 크지며, 당도가 높아지는 반면에 종자수는 적어져서 수박의 품질을 좋게 한다고 보고한 바 있다. 한국에서 수박의 재배면적은 2009년도 20,707 ha로서 2005년도 23,179 ha에 비하여 11%가 감소하였다. 1995년도에 45,207 ha로 정점에 이른 후 2007년까지 점차적으로 감소되다가 2009년 이후에는 20,700 ha 정도의 재배면적을 유지하고 있다. 한국에서 수박은 3대 과채류에 속할 만큼 큰 비중을 차지하고 있다. 한국에서 수박은 1987년 이전까지는 100% 노지재배였으나 1987년부터 시설재배가 도입되기 시작하였다. 이후 노지재배에 비하여 시설재배 면적이 점차 크게 증가하기 시작하여 2009년도에는 시설수박의 재배면적은 전체 수박 재배면적의 83%를 차지하고 있다(NAQS 2012). 논산지방을 중심으로 전국적으로 봄철과 여름철의 수박 재배면적도 매우 넓은 편이며, 수박꽃의 수분을 위하여 인공수분을 주로 실시하고 있으나 하우스내 고온으로 수분작업이 곤란해짐에 따라 꿀벌의 방사 포장도 늘어나고 있는 실정이다. 그러나 아직도 많은 농업인들은 화분매개곤충 이용효과에 대한 확신이 없어 꿀벌을 투입하고도 인공수분을 병행하고 있는 실정이다. 그러므로 장치 화분매개곤충의 올바른 사용방법과 효과에 대하여 농업인에게 널리 홍보할 필요가 있다. 벌목은 화분매개곤충으로서 가장 발달한 곤충이다(Tanaka 1989, Yoon et al. 2011). 따라서 메론, 참외, 토마토 등 대부분의 시설과채류와 사과, 복숭아 등 주요 과수는 화분매개곤충으로서 꿀벌을 비롯한 벌목을 이용하여 착과시키고 있는 실정이다. 화분매개곤충의 방화활동에 의하여 과실의 수량 증대 및 품질향상 등 화분매개곤충 이용효과는 많은 연구자들에 의해 발표되어져 왔다(Bosch and Blas 1994, Free 1970, Lee et al. 2005a, Lee et al. 2006, Lee et al. 2008, Matin and McGregor 1973, Robinson 1979, Tsujikawa 1981, Yamada 1981). 특히 미국에서는 꿀벌에 의한 계획수정을 농업상 중대한 과제로 채택하여 활발한 연구를 진행시켜 왔다(Torchio 1991). 현재의 시설재배작물과 과수의 재배환경이 10~20년 전에 비해 경제수종으로 단일화되고 있으며, 화분매개곤충상의 변화로 화분매개곤충의 다양성이 줄어들고 있는 실정이다(Batra 1996, Lee et al. 2005b). 따라서 화분매개곤충수가 급격히 감소함에 따라 현재 과채류 및 과수를 비롯한 농작물의 수분이 제대로 이루어지지 않음으로써 농작물의 경제적인 생산을 위하여 계획된 화분매개곤충 사양과 증식 그리고 계획된 방사가 필요한 시점이 도래하였다. 따라서 본 시험은 수박에서 화분매개곤충으로 가장 많이 이용하고 있는 꿀벌과 함께 꿀벌과 같은 사회성곤충이며 거의 동일한 화분매개활동을 하는 뒤영벌을 이용하여 수박꽃에서의 방화활동과 방화행동 그리고 착과율과 화분매개효과를 검정하

기 위하여 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험장소 및 공시충

충남 논산시 강경읍의 수박이 재배되고 있는 660 m³(200 평) 하우스 7동에서 수박꽃이 17~22마디 사이에서 개화되는 시기인 2005년 6월 9일부터 6월 11일까지 3일 동안 꿀벌봉군을 하우스당 1봉군씩 2개의 하우스에 방사하였으며(2반복), 나머지 4개의 동에는 호박벌과 서양뒤영벌을 각 2봉군씩 방사하였다(각 2반복). 꿀벌 투입구는 수분시키고자 하는 수박꽃 개화 첫 날 오전에 수박포장 내 지상에서 10 cm 위에 꿀벌 봉군을 설치하였다. 봉군 안치 후 1시간 정도 봉군을 안정시킨 후 소문을 개방하여 정위활동을 하도록 하여 당일 오전부터 수박꽃에서 활동 가능하도록 하였다. 서양뒤영벌은 높이 40 cm의 수확상자 위에 봉군을 설치하였다. 역시 1시간 정도 안정시킨 후 소문을 열어 당일 오전부터 수박꽃에서 활동 가능하도록 하였다. 시험을 할 때는 충분한 일벌수가 확보되도록 하여야 한다. 따라서 꿀벌봉군은 약 10,000마리, 서양뒤영벌은 각각 120마리의 봉군을 방사하였다(Lee et al. 2001, Lee et al. 2008). 인공수분구는 화분매개곤충을 방사한 동외의 1동에서 화분매개활동 조사시기의 오전 중에 수꽃을 따서 암술머리에 문질러 주어 인공수분을 시켰다. 수박의 경우 인공수분이나 화분매개곤충의 수분에 의하여 수정이 되지 않았을 경우 모두 낙과되므로 무처리구는 따로 두지 않았다.

2. 수박꽃에서 화분매개곤충의 화분매개활동 특성

시설수박에서 봉종별의 소문출입봉수조사는 6월 9일부터 6월 11일까지 오전 10시부터 오후 3시까지 2회에 걸쳐 화분매개곤충의 출입봉수를 10분간씩 조사하였다. 출봉수와 입봉수는 스톱워치 2개를 양손을 이용하여 조사하였다. 수박꽃에서 화분매개곤충의 방화활동수는 역시 소문출입봉수조사와 같은 기간에 오전 10시부터 오후 3시까지 3일에 걸쳐 10분간씩 포장내를 천천히 걸으면서 수박꽃에서 방화활동하는 일벌수를 기록하였다. 그리고 수박꽃에서 암꽃과 수꽃에 대한 화분매개곤충별 방화 선호성을 조사하기 위하여 조사기간 동안에 개화하는 암꽃과 수꽃의 수를 조사하면서 오전 10시경과 오후 3시경에 암꽃을 방화하는 일벌을 지정하여 계속 추적하면서 수꽃을 몇 개 방문하고서 암꽃을 방문하는지를 각 봉종별로 15회 이상 조사하여 암꽃과 수꽃에서 활동하는 일벌의 활동비율을 기록하였다. 수박의 재배는 농가관행 재배법에 따라 동일하게 실시되었다.

3. 화분매개곤충의 화분매개활동에 의한 생산물 조사

8월 상순 수확적기의 수박 중 뒤영벌방사구와 꿀벌방사구 그리고 인공수분구에서 각각 15개씩을 임의로 선정하여 화분매개곤충의 화분매개활동의 결과 생산된 수박의 무게, 직경, 횡경, 당도, 종자수를 인공수분구와 비교하였다. 생산된 수박은 농업과학기술원 농업생물부로 이동하여 실험실 내에서 3일간 조사를 실시하였다. 무게는 전자저울을 이용하여 측정하고, 직경과 횡경은 막대자를 수박의 끝부분에서 직각으로 내려 바닥에 표시를 한 다음 줄자와 전자 캘리퍼스(일산)를 이용하여 거리를 측정하였다. 당도는 수박껍질을 제거하고 중심부까지 일정부분을 잘라낸 다음 즙을 내어 당도계(AYAGO N-1E, Brix 0~32%, 일산)를 이용하여 측정하였다. 종자수는 수박 1통에 들어있는 익은 종자수를 모두 조사하였다. 경제성은 인공수분에 비해 봉종별 비용부분을 계산하여 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 화분매개곤충의 활동 특성

수박은 개화와 수분을 위하여 주간과 야간에는 14~15°C 이상을 유지하여야만 한다(Seaton and Kremer 1939). 여름철 시설수박 하우스내 주간온도는 오전 10시경과 오후 3시경에 각각 33°C와 39°C였으며, 습도는 각각 76%와 66%였다. 조사기간 동안 오후 3시의 하우스내 온도가 수박재배에서 최고 한계온도가 35~40°C에 육박하는 고온을 보였다(RDA, 2012). 따라서 하우스내 온도가 매우 고온이었으므로 뒤영벌과 꿀벌의 활동적온인 25~30°C에 비하여 매우 불량한 환경이었다. 꿀벌은 활발한 화분매개활동을 위하여 16~18°C 정도의 온도가 필요하며, 뒤영벌은 꿀벌과 달리 저온인 5°C에서도 활동을 시작한다. 활동시작온도의 상이함에도 불구하고 꿀벌과 뒤영벌의 활동을 위한 활동적온은 25~30°C이다(Free 1970, Heinrich 1979). 호박벌과 서양뒤영벌 그리고 꿀벌과 같은 화분매개곤충은 34~35°C 정도로 주변 온도가 올라가면 봉군입구에 모여 선풍행동을 보이고, 봉군내의 온도가 34°C 이상이 되면 유충이 죽게 되며, 일벌이 죽은 유충을 물어내게 된다(Free 1970, Heinrich 1979). 따라서 여왕벌이 죽어 난을 생산하지 못하거나, 유충이 대량으로 죽으면 일벌들은 화분매개활동을 통한 화분수집활동을 줄이거나 멈추게 되어 봉군의 수명이 급격히 줄어들게 된다. 이로 인하여 수박꽃의 정상적인 수정이 불가능하게 된다. 조사기간 동안 오전 10시경의 조도와 자외선량은 각각 52,000 Lux와 244.5 μW/cm²였으며, 오후 3시경의 조도와 자외선량은 각각 30,800 Lux와 234.5 μW/cm²였다. 조도는 오전 10시경이 오후 3시보다 높았으나, 자외선량은 오전 10시경과 오

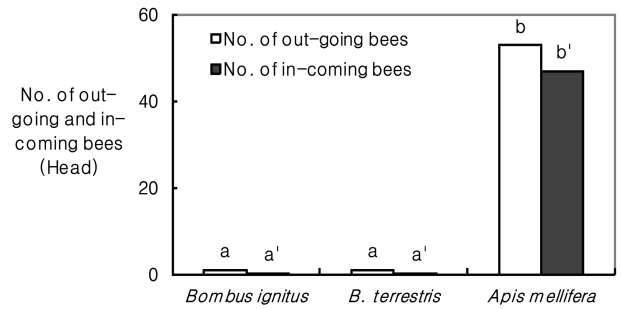


Fig. 1. Out-going bees and in-coming bees of *Bombus ignitus*, *Bombus terrestris* and *Apis mellifera* in the watermelon houses on summer season. Mean's followed by different letters in the same column are significant by different at $\alpha = 0.002$ by Oneway ANOVA test. Reference period and cite : 10 : 00 to 15 : 00, 9-11 June, 2005, Nonsan City.

후 3시경이 공히 거의 같은 수준으로 조사되었다. 꿀벌과 뒤영벌의 화분매개활동은 조도가 52,000 Lux로서 높고 온도가 35°C 이하인 오전 10시경이 조도가 30,800 Lux로 낮아지고 온도가 39°C로 높아진 오후 3시경 보다 활발한 것으로 조사되었다. Fukuda(1981)와 Yamada(1981)는 각각 메론과 시설수박에서 꿀벌의 방화활동 최성기는 오전 10시 경이라고 보고하여 본 조사와 같은 경향을 보였으며, 재배시기에 따라 약간의 차이가 있는 것으로 사료된다(Lee et al. 2006). 시설작물에서 작물의 수정을 위하여 화분매개곤충을 방사하여 수분을 시켜주어야 하는데, 이때 출봉하는 일벌 중 일부 높은 벌은 화분매개활동 중 죽기도 하며, 전체 일벌수 중 화분매개활동을 하는 일벌이 전체 일벌수의 10~20% 정도이지만 모두 일시적으로 나와서 일하는 것이 아니기 때문에 시험을 할 때는 충분한 일벌수가 확보되도록 하여야 한다. 따라서 꿀벌봉군은 약 10,000 마리, 서양뒤영벌은 각각 120마리의 봉군을 방사하였다(Lee et al. 2001, Lee et al. 2008). 꿀벌과 서양뒤영벌 봉군에서 실제로 화분매개활동을 하는 일벌은 전체 일벌수의 10~20% 정도이다(Free 1970, Heinrich 1979). 그럼에도 불구하고 호박벌과 서양뒤영벌의 출입봉수는 하우스내 온도의 고온과 부착된 측창망이 늘어진 틈새를 통하여 외부로 탈출하는 일벌이 돌아오지 못하는 관계로 오전 10시경과 오후 3시경 모두에서 활동량이 미미하였다. 그러나 꿀벌의 경우 일부 일벌의 탈출이 있었으나 출입봉수는 오전 10시경에 53마리, 오후 3시경에 47마리가 화분매개활동을 하기 위하여 출봉과 입봉을 하였으며, 봉종별 출입봉수는 오전이 오후보다 약간 많은 것으로 조사되었다(Fig. 1). 꿀벌의 경우 뒤영벌과 달리 외부로 탈출한 벌이 수박꽃가루색인 연노랑색의 꽃가루가 아닌 주황색, 갈색 또는 적색을 띠는 꽃가루를 부착하고 오는 것이 확인되었다. 따라서 꿀벌이 뒤영벌에 비해 귀소본능이 더 강

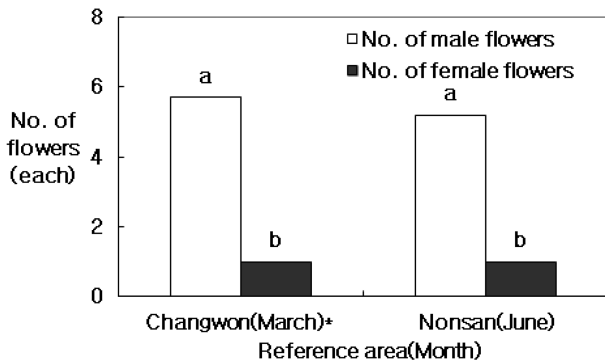


Fig. 2. Comparison of number of male and female flowers on different watermelon blooming season in the watermelon houses. Mean's followed by different letters in the same column are significant by different at $\alpha = 0.005$ by Oneway ANOVA test. *Lee et al.(2008)

한 것으로 추정된다.

수박꽃 개화기에 수박꽃수를 조사해 본 결과, 주당 암꽃과 수꽃의 개화수는 이른 봄철 암꽃과 수꽃의 개화수와 같은 수준이었다(Fig. 2). 조사구에서 6월의 주당 암꽃 개화수는 1개로서 이른 봄철 수박개화기의 암꽃개화수와 같았으며, 수꽃 개화수는 5.7개로서 이른 봄철 수꽃 개화수 5.2개와 같은 수준이었다(Lee et al. 2006, 2008). Lee et al. (2006, 2008)은 수박꽃의 개화시기가 경과함에 따라 이른 봄철과 5월 14일에는 암꽃과 수꽃의 개화비율이 각각 1:5라고 하여 본조사의 암꽃과 수꽃의 비율과 같은 비율을 보였다. 암꽃과 수꽃의 비율은 착과하고자 하는 화방에 착과가 완료되면 점차 변하게 되는데 재배기간이 경과함에 따라 암꽃의 비율이 높아지면서 자연스럽게 꿀벌의 활동도 암꽃을 자주 방화하게 되는 것으로 사료된다. 아무리 크고 충실한 암꽃이 형성되었다 하더라도 수꽃에서 꽃가루가 발생하지 않으면 착과율은 떨어진다. 개화후 꽃가루의 발생은 광조건, 온도, 강우 등의 영향을 받는데 시설재배시 수꽃의 개화시간은 보통 아침 일찍 이루어지지만 꽃가루의 발생이 늦기 때문에 인공수분작업은 보통 9시 이후에 시작하여 늦어도 오전 중에는 끝내는 것이 좋다. 꽃가루의 수명은 개화당일 오후가 되면 발아율에는 차이가 없으나 화분관 신장이 나빠져서 착과율이 떨어진다. 또한 저온이나 흐린날이 계속될 경우 수꽃이 개화는 하지만 꽃가루 발생이 불량하여 착과율이 낮거나 심하면 꽃가루가 전혀 발생하지 않아 교배자체를 하지 못하는 경우도 있다. 이런 때는 다음날 개화할 수꽃 봉오리를 미리 따서 따뜻한 곳에 두었다가 꽃가루를 발생시킨 다음 인공수분을 하면 된다. 꽃가루의 수명은 개화당일 오후가 되면 발아율에는 차이가 없으나 화분관 신장이 나빠져서 착과율이 떨어진다. 그러나 건조기에 넣거나 저온

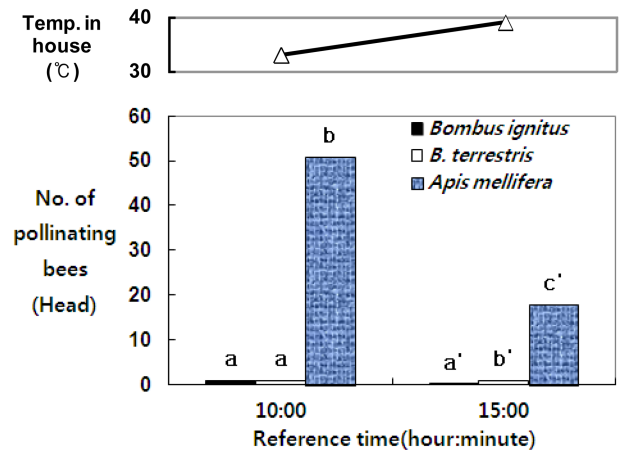


Fig. 3. Relations between diurnal foraging activities of bees and condition of greenhouses released with *Bombus ignitus*, *Bombus terrestris* and *Apis mellifera* in the watermelon houses on summer season. Reference date and cite : 10 : 00 to 15 : 00, 9~11 June, 2005. Nonsan City. Mean's followed by different letters in the same column are significant by different at $\alpha = 0.006$ by Oneway ANOVA test.

상태로 보관하면 꽃가루의 수명을 연장시킬 수 있다. 화분저장은 5에서 습도 20%로 보존할 때 가장 좋다. 꽃가루의 발생은 온도나 개화전일의 기상과 밀접한 관계가 있는데 꽃가루의 발생일에는 최소한 14°C 이상, 꽃가루 발아에는 16°C 이상의 온도 확보가 필요하며 최적발아 조건은 25°C 이상일 때이다(RDA 2012).

화분매개활동도 출입봉수와 같이 호박벌과 서양뒤영벌은 하우스내 온도가 오전 10시에 33°C, 오후 3시에 39°C로 매우 고온인 관계로 오전 10시경과 오후 3시경 모두에서 활동량이 미미하였다. 그러나 꿀벌은 오전 10시경에 51마리가 활동하고 오후 3시경에 18마리가 화분매개활동을 하였으며, 오전의 화분매개활동이 오후의 화분매개활동 보다는 3배 정도 많았다(Fig. 3). 수박과 메론을 비롯한 박과작물은 오전에 개화하여 오후에는 꽃잎이 오므라드는 현상을 보이기 때문에 꿀벌과 뒤영벌의 활동도 주로 오전에 활발한 결과를 보이고 있다(Fukada 1981, Kim et al. 2005, Lee et al. 2001, Lee et al. 2005a, Lee et al. 2006, Lee et al. 2008, Yamada 1981). 꿀벌의 경우 오전 10시경에 51마리의 화분매개활동수를 조사하는 중 암꽃을 방문한 일벌을 확인하였으나, 오후 3시경에는 화분매개활동수 중 암꽃을 방문하는 일벌을 확인할 수 없었다. Lee et al.(2006)의 보고에 의하면 수박의 암꽃과 수꽃의 비율은 재배기간이 경과함에 따라 점차 변하게 되는데 수꽃의 비율이 높아지면 일벌의 화분매개활동도 수꽃에서 많아지고, 암꽃의 비율이 높아지면 꿀벌의 활동도 암꽃이 많아진다. 따라서 본 조사에서 수꽃이 암꽃보다 5배 이상

Table 1. Comparison of the quality of watermelon products by *Apis mellifera* pollinating and artificial pollinating in the watermelon houses on summer season.

	Weight/Fruit (Kg)	Size (cm)		Sugar content (Brix,%)	No. of seeds (Each)
		Length	Wide		
<i>Apis mellifera</i>	6.8 ± 0.4a (6.2 ~ 7.5)	26.2 ± 2.7 (20.4 ~ 30.0)	21.7 ± 0.8 (20.7 ~ 23.3)	9.6 ± 1.1 (8.0 ~ 10.8)	480 ± 102 (3.2 ~ 5.3)
Artificial pollinating	7.7 ± 0.5b (6.9 ~ 8.6)	28.0 ± 1.6 (26.6 ~ 30.6)	22.4 ± 1.1 (21.3 ~ 24.0)	10.0 ± 0.3 (9.6 ~ 10.4)	495 ± 113 (3.2 ~ 5.3)

Mean's followed by different letters in the same column are significant by different at a = 0.05 by Oneway ANOVA test. n = 15, respectively.

Table 2. Comparison of the economical incomes of watermelon produced by pollinating methods of *Apis mellifera* and artificial pollination in the watermelon houses on summer season.

	Hive cost ^a (Thousand)		Cost of buying side window net and cost of attaching labor ^b (Thousand)		Artificial pollinating cost ^c (Thousand)		Total (Thousand)	
	A. m	A. P.	A. m	A. P.	A. m	A. P.	A. m	A. P.
Income	-	-	-	-	-	-	1,800 ^d	1,800
Cost	150 (1Hive)	-	50	-	-	300	200	300
Real income	-	-	-	-	-	-	1,600	1,500

A. m : *Apis mellifera*, A. P. : Artificial pollination

^aThe purchase money of a hive per 660 in 2005 : *Bombus terrestris*; 120,000 won, *Apis mellifera*; 100,000 won

^bThe purchase money of a net(a scale of the net : 3 mm) : 20 thousand won

The labor cost of a man by attaching side wall for effective pollinating activity of bees in the watermelon house : 30 thousand won

^cThe labor cost of artificial pollination(pollination with hand) for 10days during pollinating period of watermelon female-flowers

^dThe total sales of all watermelon cultivated per a watermelon house : 1,800 thousand won

많으므로 자연스럽게 꿀벌의 암꽃 방문수보다 수꽃 방문이 많아진 것으로 추정된다. RDA(2012)에 따르면 수박꽃의 화분매개활동은 오전 중에 이루어져야 정상적인 착과를 할 수 있다.

Mann (1953)은 메론꽃을 방화하는 벌들은 주로 화밀 수집을 위해 머문다고 하였다. 따라서 조사자와 처리 방법에 따라 봉종별 화밀 또는 화분수집시 꽃에 머무는 시간의 차이가 있을 것으로 추정된다. 이상의 결과로 볼 때, 꿀벌을 제외하고 호박벌과 서양뒤영벌은 여름철 시설수박의 효율적인 수분에는 적합하지 않은 것으로 조사되었다. 시설수박하우스에서의 경제적인 착과율은 93% 이상이다 (Lee et al. 2008). 농가에서는 경제적이고 효율적인 착과를 위한 수박의 수분기간은 10일 정도이다. 꿀벌과 뒤영벌의 활동을 위한 활동적온은 25~30°C이다(Free 1970, Heinrich 1979). 그러나 수박하우스에 측창망을 설치하였으나 하우스 온도가 너무 높아 호박벌과 서양뒤영벌방사구는 많은 수의 일벌이 하우스고온에 의해 늘어진 측창망 틈새를 이용하여 하우스 외부로 탈출하였으며, 나간 벌들은 거의 귀소하지 못하는 것으로 관찰되었다. 따라서 농가와 함께한 육안관찰 시 호박벌과 서양뒤영벌방사구는 하우스내 수박꽃에서 화분매개활동을 하는 일벌의 수가

적어져서 방사 2일째까지도 효율적인 화분매개활동이 이루어지지 않았고, 수정된 암꽃의 수도 10개의 암꽃 중 2개 정도로 매우 낮았다. 봉군 투입 후 2일째에도 뒤영벌의 수정꽃수 비율이 낮음에 따라 경제적 착과를 위하여 뒤영벌 봉군별로 투입 3일째부터 인공수분을 실시토록 하였다. 꿀벌의 경우도 대부분의 일벌은 수박꽃에서 화분매개활동을 하는 것으로 조사되었으나, 10~20%의 일벌은 하우스 외부로 빠져 나갔다가 노랑색의 수박화분보다 짙은색(주황색이나 연갈색)의 화분을 부착하고 귀소하는 것을 확인할 수 있었다.

2. 화분매개곤충의 화분매개활동에 의한 생산물 조사

호박벌방사구와 서양뒤영벌방사구는 외부탈출봉과 하우스내 고온으로 인하여 수박꽃에서 화분매개활동을 하는 일벌의 수가 적어져서 효율적인 화분매개활동이 이루어지지 않아 3일째부터 인공수분을 실시 하였다. 따라서 생산물조사에서는 제외하고 정상적으로 착과된 꿀벌방사구와 인공수분구만 생산물조사를 하였다. 꿀벌방사구 그리고 인공수분실시구의 생산물을 수확하여 조사해 본 결과 인공수분구의 과중이 7.7 kg으로서 꿀벌방사구 6.8 kg보다 0.9 kg 무거운 것으로 조사되었다. 과중은 이른 봄철재배 수박보

다는 약 1 kg 정도 가벼운 것으로 나타났으나(Lee et al. 2006, Lee et al. 2008), 과정은 같은 수준이었다. Lee et al.(2008)의 이른 봄철 수박의 당도는 11 Brix(%)로서 본 조사 보다 1 Brix(%) 높았고, 종자수는 처리별로 차이는 있었으나 본 조사와 이른 봄철 조사가 거의 같은 수준이었다(표 1). Lee et al.(2006)은 봄철 수박의 수정을 위하여 꿀벌을 방사하면 인공수분구에 비하여 수박의 무게가 6% 무거웠고, Kim et al.(2005)도 메론에서 꿀벌과 서양뒤영벌의 방사로 인공수분구에 비하여 메론 무게가 20-22% 무거웠다고 하였으나 본 조사에서는 오히려 인공수분구가 꿀벌방사구 보다 12% 무거운 것으로 조사되었다. 수박은 동당 일괄 포장판매액이 이른 봄철에는 300만원이었으나(Lee et al. 2008) 여름철에는 약 180만원이었기 때문에 판매가격이 동일하여 일부 비용만을 계산하였다. 꿀벌방사구와 인공수분구의 비용을 계산하여 생산물의 수확시 경제성을 조사하여 본 결과 꿀벌방사구는 동당 순수익이 인공수분구에 비하여 10만원의 이익이 발생하였다(표 2). 꿀벌방사구는 봉군구입비 15만원과 하우스 길이만큼 벌이 탈출하지 못하도록 측창망을 설치한 비용이 5만원으로서 총 200천원의 비용이 발생하였고, 인공수분구는 수박의 안정적인 수분을 위하여 한 사람이 10일간 인공수분을 실시하여 30만원(일인당 하루 노동비 3만원원 × 1인 × 10일)의 노동비가 발생하였다. 시설메론과 애호박에서 화분매개곤충을 방사할 경우 인공수분구에 비하여 90% 이상의 노동력을 절감한다는 보고(Kim et al. 2005, Lee et al. 2005a)와 같이 본 조사에서도 여름철 시설수박의 수정을 위하여 꿀벌을 방사하여 인공수분구에 비하여 노동력 절감효과가 클 것을 추정된다. 이와 같은 결과를 볼 때 여름철의 시설수박에서의 수분노동력 절감을 위하여 화분매개곤충을 방사할 경우 꿀벌이 가장 적합한 것으로 사료되며, 부득이 할 경우 인공수분을 실시하여야 한다. 호박벌, 서양뒤영벌방사구는 인공수분작업을 병행하지 않으면 경제적인 착과율과 생산을 할 수가 없는 것으로 조사되었다.

적 요

여름철의 시설수박에서 인공수분을 대체할 수 있는 화분매개곤충을 선발하기 위하여 화분매개곤충을 방사하여 인공수분과 비교하였다. 여름철 시설수박 하우스의 고온과 낮은 습도 등으로 인하여 화분매개환경이 매우 열악하여 호박벌과 서양뒤영벌은 외부로 탈출하는 일벌수가 많고 화분매개활동수가 적어져서 경제적인 수분과 착과에 도달하지 못하였다. 꿀벌은 외부 탈출일벌이 야간 발생하였으나, 많은 일벌이 수박꽃에서 충분한 화분매개활동을 하여 인공수분과 같은 경제적인 수분에 도달하였고, 생산

물도 인공수분구와 같이 정상적으로 생산되었다. 따라서 여름철 시설수박하우스에서 수박꽃의 수분은 꿀벌은 화분매개곤충으로 사용이 가능한 것으로 조사되었고, 뒤영벌은 사용이 불가능한 것으로 조사되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ0068932012)의 지원에 의해 이루어졌습니다. 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

인용문헌

- Batra SWT (1996) Bee and pollination in our changing environment. *Honeybee Science* **17**, 67~70.
- Bosch J, Blas M (1994) Foraging behaviour and pollinating efficiency of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* on Almond (Hymenoptera, Megachilidae and Apidae). *Appl Entomol Zool* **29**, 1~9.
- Free JB (1970) *Insect Pollination of Crops*. Academic Press. pp 544.
- Fukuda M (1981) Successful pollination by honeybees for melons in green houses. *Honeybee Science* **2**, 153~156.
- Heinrich B (1979) *Bumblebee economics*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, and London, England. p. 245.
- Kim YS, Lee SB, Lee MY, Lee ML, Nam SH, Yoon HJ, An DH (2005) Study of honeybees and bumblebees as pollinators for the melon raised in green house. *Korean J Apic* **20**, 117~122.
- Lee HS, Hong SD, Kim SE (2001) The pollination effect on the mellon cultivated in greenhouse by honeybee(*Apis mellifera* L.). *Korean J Apic* **16**, 69~76.
- Lee SB, Lee KY, Ahn KS, Park SK, Yoon HJ (2005a) Comparison of foraging activities of Korean native bumblebee, *Bombus ignitus* S. and European bumblebee, *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera : Apidae) in oriental pumpkin houses. *Korean J Apic* **20**, 143~150.
- Lee SB, Seo DK, Kim SJ, Cho JW, Kim YS, Yoon HJ, Park HC, Hwang SJ (2005b) The peach flower-visiting insects, and the characteristics on foraging activity of honeybee(*Apis mellifera*) and bumblebee(*Bombus terrestris*) for the pollination of peach. *Korean J Apic* **20**, 123~132.
- Lee SB, Kim YS, Lee ML, Lee MY, Yoon HJ (2006) The foraging activity and the effect of honeybee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera : Apidae) in the watermelon houses. *Korean J Apic* **21**, 49~54.
- Lee SB, Kwon DJ, Ha NG, Yoon HJ, Lee KY, Gang HS (2008) Characteristic on the pollinating activity of bumblebee spp. (*Bombus ignitus* & *Bombus terrestris*) and honeybee (*Apis mellifera*) in the watermelon houses on early spring season. *Korean J Apic* **23**, 161~166.
- Mann LK (1953) Honey bee activity in relation to pollination and fruit set in the cantaloupe(*Cucumis melo*). *Am J Bot* **40**, 545~553.
- Martin EC, McGregor SE (1973) Changing trends in insect pol-

- ination of commercial crops. *Ann Rev Entomol* **18**, 207~226.
- NAQS Homepage (2012) National quality management service/Cultural Area/Crop products amount/Fruit vegetable/Watermelon. <http://www.naqs.go.kr>
- RDA Homepage (2012) National institute of horticultural & herbal science/Cultivative technology of horticultural crop/Fruit vegetables/Watermelon. <http://www.rda.go.kr>
- Robinson FA (1979) Foraging efficiency and drift among honey bee colonies. *Proc Int Symp Poll Md Expt Sta Spec Misc Publ* **1**, 359~365.
- Seaton HL, Kremer JC (1939) The influence of climatological factors on anthesis and anther dehiscence in the cultivated cucurbits. A preliminary report. *Proc Am Soc Hort Sci* **36**, 627~631.
- Tanaka H (1989) Entomophilous flower and insect pollinator. *Honeybee Science* **10**, 115~120.
- Torchio PF (1991) Bees as crop pollinators and the role of solitary species in changing environments. *Acta Hort* **288**, 49~61.
- Tsujikawa Y (1981) Honeybees in greenhouses, their effects on strawberries and a problem of UV-cut firm house. *Honeybee Science* **2**, 49~56.
- Yamada M (1981) Pollination of watermelon with honeybees in green houses. *Honeybee Science* **2**, 60~62.
- Yoon HJ, Lee KY, Kim MA, Park IG (2011) Agricultural utilization and year-round rearing techniques of bumblebees in Korea. *Int J Indust Entomol* **22**, 29~37.