

시설망고에서 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*), 양봉꿀벌(*Apis mellifera*) 및 검정뺨금파리 (*Chrysomyia megacephala*)의 화분매개 효과

박인균* · 윤형주 · 김미애 · 이경용 · 박해철 · 김성현

농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 곤충산업과

Effect on Pollinating Activities on Mango Flower by Bumblebee (*Bombus terrestris*), Honeybee (*Apis mellifera*) and Oriental Latrine Fly (*Chrysomyia megacephala*) in Green House

In Gyun Park*, Hyung Joo Yoon, Mi Ae Kim, Kyeong Yong Lee, Hae Chul Park
and Sung Hyung Kim

Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 565-851, Republic of Korea

(Received 10 October 2014; Revised 24 October 2014; Accepted 3 November 2014)

Abstract

Mango is becoming more economically important, value-added crop in Jeju island of Korea. Its pollination was achieved by the release of oriental latrine fly, *Chrysomyia megacephala* which is being used for pollinator in mango fruit. Two kinds of another pollinator, *Apis mellifera* and *Bombus terrestris*, were used in analyzing and surveying of foraging activities on mango fruit in Seogwipo-si. Variety of mango fruit (Irwin) was used in this experiment. Foraging activity of *A. mellifera* and *B. terrestris* were high on 11 AM in hive, and normal foraging activity was high temperature condition (28°C). Pollinating ratio of *B. terrestris* was shown 100% and over 95% in case of *A. mellifera*. This ratio suggest that the two species of insects are effective as pollinator on mango fruit compared with *Chrysomyia megacephala*. Daily pollinating activity of *A. mellifera* and *B. terrestris* was shown peak in 11 AM, while *C. megacephala* showed even activity from 9 AM to 3 PM. Fruit set ratio of mango pollinated by *A. mellifera* showed higher with 2.1% than by *B. terrestris* and *C. megacephala* with 1.5% respectively in 1st time (1 month after blooming), but 3 species of pollinator showed same results with 0.3% in 2nd time. This results suppose that because only 10% of normal pistil and stamen exist on same flower in case of mango flower, fruit set ratio of mango flower shows lower tendency originally than other fruit crops. Abnormal fruit set ratio pollinated by *B. terrestris* was showed lowest with 12.1% compared with another 2 species of pollinator. In conclusion, method of using *B. terrestris* seems to be effective to increase productivity in pollinating mango flowers.

Key words: Mango, *Bombus terrestris*, *Apis mellifera*, *Chrysomyia megacephala*, Pollinating activity

*Corresponding author. E-mail: smja2995@korea.kr

서 론

최근 과수 및 과채류의 수정을 위하여 몇 종의 화분 매개곤충에 관한 연구가 진행되어 왔다. 특히 꿀벌의 경우 시설딸기의 화분매개에 100% 이용할 수 있게 되었으며 그 외 시설고추, 피망 등 다양한 작물의 수정에 이용되고 있는 대표적인 화분매개곤충으로 알려져 있다(Woo and Lee, 1999). 그러나 최근 환경의 급격한 변화와 농약사용의 급증, 화분매개를 필요로 하는 농작물의 양적인 증가와 더불어 방화곤충의 종류와 밀도가 급격히 감소하는 추세를 보이고 있다(Free, 1970; Park *et al.*, 1994; Batra, 1997; Lee *et al.*, 2000). 이러한 여건 속에서 뒤영벌은 과채류 및 과수의 수정에 일부 이용되고 있으며, 특히 꿀샘이 없는 가지과 작물인 시설토마토의 수정에 없어서는 안 될 중요한 화분매개곤충(Ra vestijn *et al.*, 1991)으로 인식되고 있으며 국내에서도 그 사용량이 해마다 증가하고 있는 실정이다(Yoon *et al.*, 2013).

망고는 윗나뭇과(Anacardiaceae) 망고속(Mangifera)으로 분류되며 학명은 *Mangifera indica* L.이다. 망고는 인도의 동부 그리고 미얀마, Andaman섬의 고유종으로 이 속의 분포지역이 가장자리를 접하여 실제 아열대 지방에도 분포한다. 우리나라는 대부분 제주도에 재배되고 있으며, 서귀포가 주 재배지역이다. 1980년대 후반 남원의 한 농가가 처음으로 도입하였고, 현재는 제주도와 남부 일부지방에서 25ha 40여 농가에서 재배되고 있다. 망고의 꽃은 양성화, 웅성화, 단성화로 이루어져 있는데 동일 화방에 혼재 한다. 꽃의 색깔은 품종에 따라 황록색, 황백색, 담홍색을 나타내며 양성화의 착생비율은 50% 내외이지만 그 중 완전한 양성을 갖춘 꽃은 매우 적다(Jeon *et al.*, 2013). 꽃수는 많지만 결실률이 낮기 때문에 망고에서의 수분은 생산량을 결정하는 주요인이다. 대부분의 망고 꽃은 자가수분을 할 수 있지만 타가수분을 통해서 경제적인 결실을 맺게 된다. 망고는 고도로 타가수분에 적응된 작물로 파리나 벌 또는 다른 곤충에 의해 수분이 이루어진다. 그 중 파리가 가장 중요한 곤충으로 간주되어 왔다(Morton, 1987). 꽃의 결실률은 1% 미만으로 품종, 자동통제 꽃 수 그리고 주변 환경에 따라 달라진다(Morton, 1987). 우리나라의 망고는 제주를 중심

으로 재배되고 있는 열대과일 중 생산량이 가장 많은 작목으로 현재 약 23ha 정도가 재배되고 있으며 대부분의 농가에서 오래전부터 파리를 이용하여 수분을 해 왔다(Jeon *et al.*, 2013). 파리 수분을 위하여 현재 농가에서는 폐기되는 생선류를 이용하여 파리의 산란을 유도하기 때문에 악취나 위생적인 문제가 대두되고, 특히 망고 꽃이 개화되는 시기에 맞추어 파리성충을 발생시키기가 어려워 농가에서 많은 어려움을 겪고 있다. 최근 제주도 망고 재배농가에서는 이러한 파리 수분에 대해 어려움을 호소하고 있으며 일부 농가에서는 꿀벌과 뒤영벌을 파리와 함께 병행하는 농가가 생겨나고 있는 실정이다. 이에 본 시험은 이러한 검정뺨금파리를 이용한 수분의 불편함을 해소하고 위생적이고 간편한 수분법으로 대체할 수 있는 가능성을 검토 하고자 서양뒤영벌과 양봉꿀벌을 방사하여 그 가능성을 검토하였다.

재료 및 방법

실험구 설치 및 실험 곤충

본 실험은 2013년 2월 7일부터 7월 30일까지 망고 주 재배지인 제주 서귀포시 표선면의 대규모 재배농가가 운영하는 포장을 선정하여 화분매개활동과 착과율 등 포장 조사실험을 수행하였다. 주품종은 제주 애플망고의 대표 품종인 "Irwin(어윈)"을 이용하였다. 연동식 하우스 내에 각 시험곤충별로 2개소씩 6개소의 망실을 제작하여 망실당 12주를 기준으로 모두 72주를 시험에 사용하였다. 각 망실별로 3주씩 시험주를 선발하여 방화활동 조사 및 착과율, 생산물 수확까지 일련의 조사를 수행하였다. 대조구는 기존 농가에서 사용하고 있는 검정뺨금파리(*Chrysomya megacephala*)를 이용하였으며 농가에서 자가 증식한 유충을 망고 개화성기 7일전에 투입하여 개화 2~3일전에 성충이 우화할 수 있도록 하였다. 실험용 곤충은 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*)과 양봉꿀벌(*Apis mellifera*)을 선정하여 꽃 개화 직전 각 망실에 화분매개곤충별로 2봉군씩 방사하였다. 방사량은 망실 당 서양뒤영벌의 경우 일벌 240마리(120마리×2봉군), 양봉꿀벌은 약 8,000

마리(2,000마리×소비 2매×2봉군)를 투입하였다.

화분매개곤충별 방화활동 및 착과율 조사

검정뺨금파리의 경우 각 망실당 유충 8천 마리씩 상자째 투입하여 우화시켰기 때문에 방화활동 조사 중 소문 출입활동은 조사가 불가능 하였다. 서양뒤영벌과 꿀벌의 일주활동 및 화분매개활동 조사는 2013년 3월 12일부터 14일까지 3일간 오전 9시부터 오후 5시까지 2시간 간격으로 망실 기상환경조사(온도, 습도, 조도)와 병행하여 수행하였다. 소문 출입활동은 5분간 별통의 벌의 출·입 마리수를 관찰하였고, 화분매개활동은 출봉한 벌 중에 실질적으로 꽃을 방문하여 방화하고 있는 벌들을 관찰하여 그 수를 산정하였다. 방화시간은 벌이 꽃에 도착한 시간부터 떠나는 순간까지의 시간을 측정하였으며, 꽃 간 이동시간은 동일한 개체의 벌이 한 꽃에서 출발한 시간부터 다른 꽃에 도착하는 시간을 추적하여 기록하였다. 각각 방화시간과 꽃 간 이동시간은 30개체의 시간을 1반복으로 하여 전체 3반복 평균을 산출하였다. 착과율 조사를 위해서는 꽃이 개화하기 전에 꽃눈 수를 조사해야 되지만 망고 꽃의 특성상 1화주 당 평균 1,000개 이상으로 사실상 꽃눈 전수조사가 불가능 하였다. 그래서 미리 10주의 샘플 화주를 선정하여 꽃눈조사를 실시한 후 평균을 산출하여 착과율 계산 시 모수로 사용하였다. 착과조사는 2회(4월, 6월)에 걸쳐 조사하였으며 2차 조사 시 기형과 조사와 병행하여 착과율과 기형과율을 동시에 산정하였다.

생산물 상품성 및 경제성 분석

각 실험 화분매개곤충별 화분매개활동에 의한 생산물 조사는 7월 30일부터 3일간 현지 포장에서 실험구별로 직접 수확한 샘플을 수거하여 조사하였으며, 망고는 저장성이 약하기 때문에 수확한 샘플은 바로 실험실로 운반하여 저온실(5°C)에 보관하면서 무게, 길이, 당도를 조사하였다. 무게는 실험실에 비치된 전자저울(Ohaus Exploer, Scale 1/1000g, USA)을 사용하였고, 길이는 버어니어캘리퍼스(Electronic Digimatic, Mitutoyo Corporation, Japan, Model CD-15B)를 이용하

였다. 당도는 과즙을 표면에 직접 묻혀서 측정하는 당도계(ATAGON-1E, Brix 0~32%, Japan)를 사용하였다. 조사는 3반복으로 수행하였다. 각 화분매개곤충별로 30개의 정상과를 1반복으로 하여 총 3반복 90개의 정상과를 항목별로 측정하여 평균값을 산출하고 통계처리 하였다. 경제성 분석은 한 개의 과당 무게를 산출하고, 한 그루당 전체 무게를 환산한 다음 단위 면적당(990m²) 생산량과 판매수익을 계산한 후 대조구(검정뺨금파리구)와 비교하여 경제적 지수를 산출하였다.

통계분석

시험 곤충별 망고 꽃에서 방화시간 및 꽃 간 이동시간에 대한 특성과 생산물 조사를 위한 무게, 길이, 당도에 대한 통계분석은 One-way ANOVA test를 수행하여 통계적 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

화분매개곤충별 소문 출입활동 조사

망고에서 서양뒤영벌 및 양봉꿀벌의 소문 출입활동을 조사한 결과를 Table 1과 같다. 서양뒤영벌의 경우 오전 11시부터 오후 3시까지 소문 출입활동에는 거의 변동이 없는 것으로 나타났으며, 양봉꿀벌의 경우 오후 1시경에 정점에 도달하였다. 본 시험에서 같이 시험곤충으로 이용한 검정뺨금파리는 사육통에 유충을 넣어 개방하여 방사하였고 우화한 개체는 모두 탈출하여 귀소하지 않기 때문에 출입활동 조사는 할 수가 없었다.

출봉수와 입봉수를 살펴보면 서양뒤영벌과 양봉꿀벌의 경우 출봉수가 입봉수보다 다소 많은 경향을 보이고 있는데 이것은 매실에서와 같은 경향으로(Park et al., 2013), 출봉한 개체가 화분을 채취하는 여부에 따라 입봉시기의 일관성이 결여된 결과이거나 조사 시간별로 출봉한 개체가 서로 출입하는 시간이 달라서 나타난 결과로 보인다. 양봉꿀벌은 경우 비행이 일직선으로 나아가는 비행습성으로 인해 좁은 하우스

Table 1. Comparison of 2 kinds of pollinators, *Bombus terrestris* and *Apis mellifera* with out-going and in-coming bee during day time from 9 AM to 5 PM on mango flowers, 12 ~ 14, March in 2013

Time	<i>Bombus terrestris</i>			<i>Apis mellifera</i>		
	No. out-going bee	No. in-coming bee	Rate (%)	No. out-going bee	No. in-coming bee	Rate (%)
09:00	4	6 (6)*	100	37	47 (42)	89
11:00	7	7 (7)	100	33	42 (39)	93
13:00	6	9 (8)	89	70	141 (128)	91
15:00	7	8 (8)	100	17	48 (42)	88
17:00	1	3 (3)	100	7	18 (15)	83

1) The number of parenthesis means the number of bees with pollen lump in the body.

2) Rate means in-coming bees with pollen lump of total in-coming bees percentage.

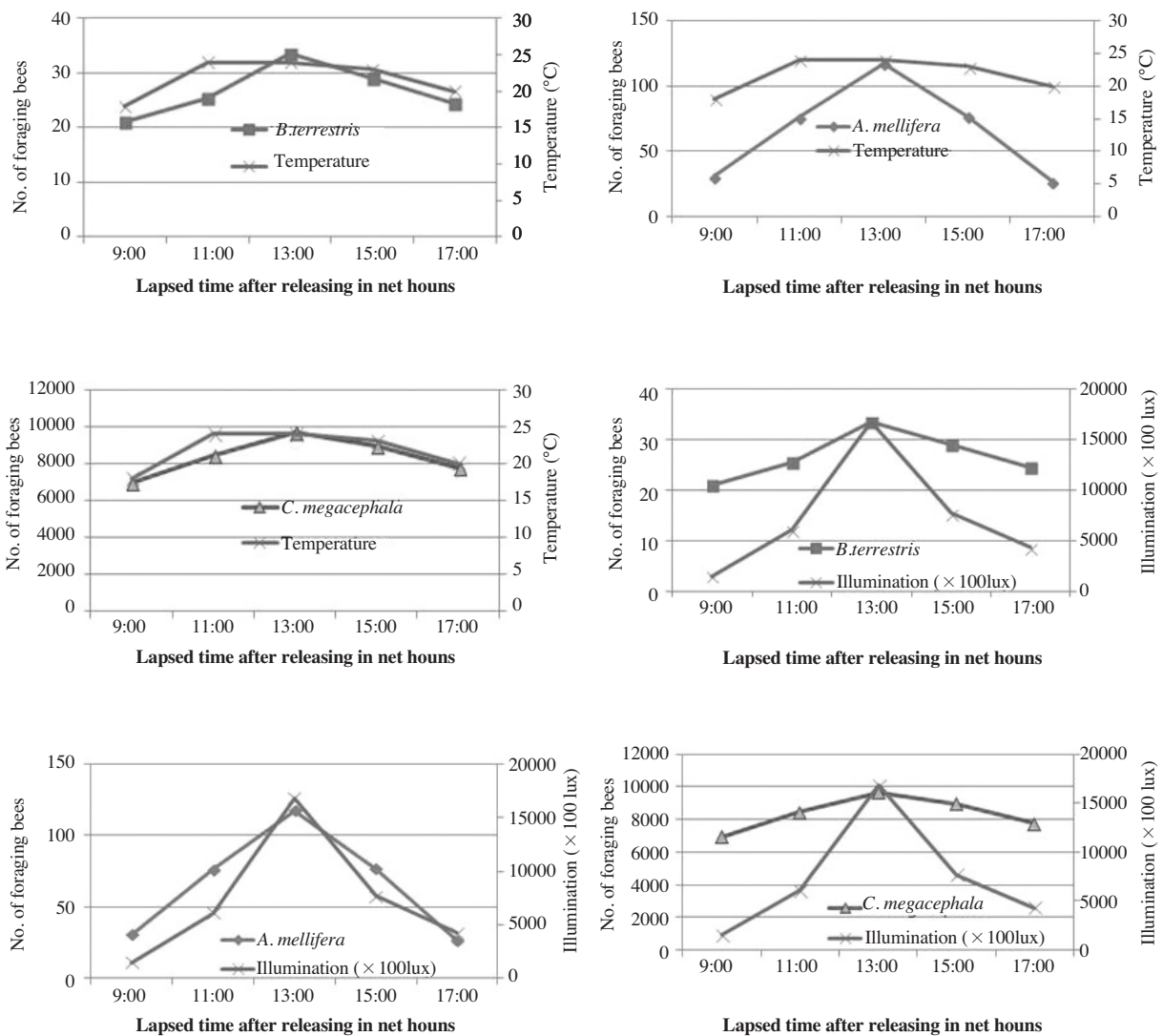


Fig. 1. Relation between diurnal foraging activities of 3 species pollinator, *B. terrestris*, *A. mellifera* and *C. megacephala* and environmental factor, temperature and illumination in net house condition of mango tree. Number of foraging bees were average of 2 days data, March 12 to 14 in 2013. This values were surveyed 5 times per one day with 2 hours interval from 09:00 a.m. to 17:00 p.m.

나 온실의 경우 유리나 비닐에 날아가 부딪히는 경향을 보이는 특성을 감안해 볼 때(Yoon *et al.*, 2012) 외부로 탈출하거나 망실 가장자리에서 사망한 개체 때문에 입봉수가 줄어든 것으로 판단된다. 화분매개활동 비율을 추정하기 위해 출봉한 개체가 입봉 시 화분단자를 부착하여 귀소하는 개체의 비율을 조사한 결과 서양뒤영벌은 평균 98% 이상, 양봉꿀벌도 89% 이상 화분단자를 부착하여 귀소하는 걸로 관찰되어 망고 재배하우스 내에서 서양뒤영벌과 양봉꿀벌은 정상적인 화분매개 활동을 수행하는 것으로 판단된다. 양봉꿀벌의 비율이 다소 낮은 것은 특성상 투입봉군의 크기가 4,000마리(소비 2매) 1상자를 기준으로 2상자를 투입하였기 때문에 기본적으로 서양뒤영벌 보다 절대적인 출봉수와 입봉수가 많아 화분매개활동 비율이 낮더라도 망고의 수분에는 크게 영향이 미치지 않은 것으로 판단된다.

화분매개곤충별 일주활동

시험곤충별 출봉한 후 망실 내에서 일주 활동을 조사한 결과는 Fig. 1에 나타나 있다. 일주활동은 개화된 망고 꽃에서 수분활동을 하고 있거나 날아다니는 개체 모두를 조사한 수치이기 때문에 정확히 화분매개 활동과는 구분이 되는 의미를 포함하고 있다. 서양뒤영벌과 검정뺨금파리의 일주활동은 오전 9시부터 오후 5시까지 활동량이 있어서 큰 변화 없이 고르게 활동하는 것으로 나타났다. 특히 서양뒤영벌에서 나타난 이러한 결과는 매실, 체리, 살구 등 다른 과수작물에서의 일주활동과 비슷한 경향으로(Park *et al.*, 2011) 온도와 조도 변화에 따른 결과를 살펴보면 온도보다 조도변화에 큰 영향을 받지 않는 서양뒤영벌만의 행동 특성으로 보인다. 이번에 처음 조사한 검정뺨금파리의 경우도 서양뒤영벌과 같은 경향으로 조도변화

에는 큰 영향이 없이 일주활동이 아침부터 저녁까지 일정한 경향을 보이고 있다. 양봉꿀벌은 다른 작물에서는 통상적으로 온도에 민감한 활동 특성을 보였으나 본 시험에서는 온도보다 조도변화에 따라 활동량이 비례하는 정도가 높은 것으로 나타났다. 망실의 조도가 17,000lux인 13시에 113마리가 활동하여 가장 높았으며 4,300lux를 보인 17시에는 27마리, 1,200lux인 오전 9시에 31마리가 활동하여 전체적으로 조도에 비례하여 활동하는 경향을 보였다. 조도변화에 따른 활동 패턴을 살펴보면 조도가 가장 높은 오후 1시경에 활동피크와 일치하는 경향을 보이고 있으며, 전반적으로 오전 9시부터 오후 5시까지 거의 조도의 변화와 일치하는 경향을 보이고 있다. 종합하여 보면 서양뒤영벌과 검정뺨금파리는 온도변화에 비례하여 일주 활동을 하는 경향을 보이고 있으며, 양봉꿀벌은 온도보다는 조도변화에 따라 더 민감한 행동특성이 나타나는 경향을 보였다. 조도에 따른 외역 활동량의 변화는 양봉꿀벌이 조도에 민감하게 반응하는 것과는 달리 서양뒤영벌과 검정뺨금파리는 온도와 마찬가지로 조도변화에도 영향을 거의 받지 않는 것으로 나타났다. 서양뒤영벌과 양봉꿀벌의 경우 시설딸기에서 방화활동 특성을 조사한 결과 양봉꿀벌은 온도와 조도가 떨어지는 오후 5시경 활동량이 급격히 떨어지고 서양뒤영벌은 양봉꿀벌보다 온도와 조도에 변화에 따른 활동량에 있어서 영향을 덜 받는 것으로 보고한 결과(Lee *et al.*, 2008)와 같은 경향이였다.

화분매개곤충의 방화활동 특성

투입된 시험곤충이 망실 내 망고 꽃에 머무는 시간(방화시간)과 한 꽃에서 다른 꽃으로 이동하는 시간(꽃 간 이동시간)을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 서양뒤영벌의 방화시간은 평균 6.1초, 양봉꿀벌은 14.3초, 검정뺨금파리 4.6초로 서양뒤영벌과 검정뺨금파

Table 2. Visiting time on flower and moving time a flower to another flower of 3 species of pollinator on mango flower in net house

	Visiting time on flower (second)	Moving time from a flower to another flower
<i>B. terrestris</i>	6.1 ± 3.3b	2.8 ± 1.4
<i>A. mellifera</i>	14.3 ± 13.2a	2.0 ± 1.7
<i>C. megacephala</i>	4.6 ± 2.7b	2.3 ± 1.9

1) The number of workers surveyed was 30.

2) All values are mean ± SD.

3) Different letters in same column are significantly different at $\alpha=0.005$ by Oneway ANOVA Test.

리는 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났으나, 양봉꿀벌의 경우 위 두 종과의 유의한 차이를 보였다(welch's ANOVA Test: $F=8.559$, $p=0.001$). 그러나 꽃 간 이동시간은 서양뒤영벌의 경우 2.8초, 꿀벌 2.0초, 검정뺨금파리 2.3초로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Oneway ANOVA Test: $F=1.909$, $p=0.154$). 딸기에 있어서 꿀벌의 경우 방화시간 7.2초, 서양뒤영벌 5.1초로 나타난 보고(Lee *et al.*, 2008)와 절대적인 시간은 차이가 나지만 서양뒤영벌이 양봉꿀벌보다 방화시간이 짧은 특성은 같은 경향이였다. 이러한 결과는 비록 시설 채소와 과수 등 작목에 따라 꽃의 특성이 다르다 할지라도 화분매개곤충의 종별 행동 특성에 따라 방화하는 습성이 서로 다른 일정한 경향치를 갖고 있는 것으로 판단된다. 검정뺨금파리의 경우 방화시간이 4.6초로 서양뒤영벌과 양봉꿀벌보다 짧은 것으로 조사되었는바, 육안 관찰결과 꽃에서의 먹이 활동보다 쉬고 있는 시간이 길기 때문에 전체적인 방화활동 시간은 매우 짧은 것으로 판단되며 꽃 간 이동시간은 2.3초로 서양뒤영벌 및 양봉꿀벌과 비슷한 경향을 보였다. 특히 서양뒤영벌이 양봉꿀벌보다 방화시간과 꽃 간 이동시간이 짧은 것은 서양뒤영벌이 양봉꿀벌 보다는 봉군 내 유충의 육아를 위해 화분 수집을 주목적으로 하는 서양뒤영벌의 화분매개활동 특성 상(Yoon *et al.*, 2009) 어느 한꽃에 앉았다가 화분이 부족하거나 신선하지 않을 경우 곧바로 다른 꽃으로 이동하기 때문에 상대적으로 꿀과 화분을 동시에 수집하는 꿀벌보다 시간이 짧아지는 것으로

는 보여진다.

화분매개곤충별 착과율 및 기형과율 조사

망고하우스에 방사된 화분매개곤충별 망고에서의 착과율을 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 통상적으로 착과율의 산정기준은 작물이 개화하기 전 착과가 예상되는 가지의 꽃눈을 표시하고 가지당 꽃눈 수를 세어 둔 후 결실된 시점에서 꽃눈 수당 열매수의 백분율로 표시한다. 그러나 망고의 경우 한 화방 당 꽃 수가 평균 1,500개로서 본 시험에 적용한 시험곤충 종 당 3반복 총 72그루의 꽃눈수를 사전에 세는 것은 불가능하여 평균 꽃눈수를 본 시험에서 착과율을 산정하는 지표로 사용하였다. 1차 착과율 조사결과 꿀벌 방사구가 2.1%로 가장 높았으며, 서양뒤영벌 방사구와 검정뺨금파리 방사구가 각각 1.5%로 같은 수준이었다. 그러나 2차 착과율 조사결과 투입된 시험곤충 모두 0.3%로서 화분매개곤충별로 착과율의 차이는 볼 수 없었다. 결론적으로 본 시험에서는 평균 착과율이 1차 에서부터 10%미만으로 나타났으며, 그 후 생리적인 낙과 등으로 최종 착과율은 0.3%정도로 매우 낮은 경향을 보임으로서 망고는 많은 꽃눈 수에 비해 착과율은 수확시기까지 순차적으로 매우 낮게 나타나는 특성을 나타내었다. 망고는 정상적인 화방인 경우 양성화는 50% 내외이며, 일반적으로 망고는 8~23%정도만 착과되고 12%정도는 생리적인 낙과가 되고 나머지 1%만이 결실되는 나무이다(Jeon *et al.*, 2013). 이러한 망고의 기본적인 생리 습성으로 볼 때 본 시험에서도 출된 착과율의 추이는 예상했던 결과로 추정되며, 다만 각 화분매개곤충별로 향 후 착과된 열매의 질적인 조사 즉 상품성 또는 기형과율의 차이가 중요한 지표가 될 것으로 사료된다. 또한 망고 재배 환경은 모두 하우스 내 재배하기 때문에 착과율은 비래 곤충이 나온도, 바람 등 외부환경에 대해서는 그다지 영향을 받지 않는 것으로 판단되지만 하루 중의 일조 즉 조도에는 다소 영향을 받는 것으로 사료된다.

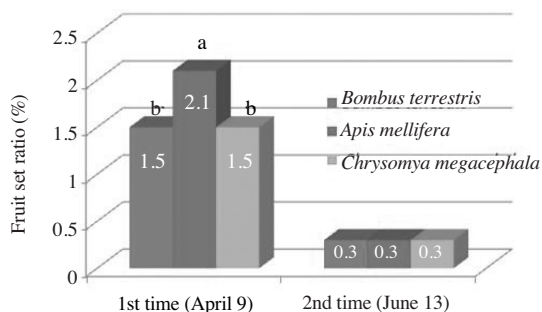


Fig. 2. Fruit set ratio of mango according to pollinating methods by 3 kinds of pollinator, *A. mellifera*, *B. terrestris* and *C. megacephala*. Different letters on the bars in 1st time (april 9) means significant difference by welch's ANOVA test: $F=7.401$, $df=(2, 112.441)$, $p=0.001$.

Fig. 3은 3종의 시험곤충을 투입하여 망고를 수분시킨 결과 최종 기형과율을 나타낸 것이다. 망고는 위에서 언급한 바와 같이 한 화서에 많은 꽃들이 피지만 결실되는 것은 1~2개 정도로 결실률은 피는 꽃수에

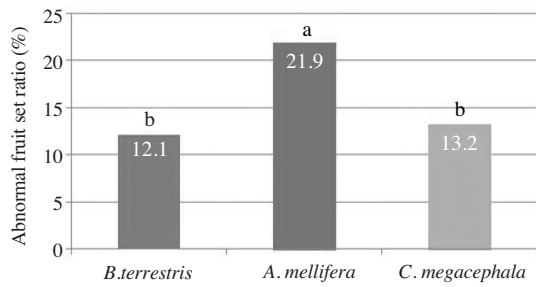


Fig. 3. Abnormal fruit set ratio of mango according to pollinating methods by 3 kinds of pollinator, *A. mellifera*, *B. terrestris* and *C. megacephala*. Different letters on the bars means significant difference by welch's ANOVA test: $F=3.968$, $df=(2, 168.819)$, $p=0.021$

비해 매우 적다. 품종에 따라서는 많은 양이 결실되지만 수정이 안 된 무핵과가 많고 생리적 낙과시기에 많이 낙과된다. 무핵과는 과실 복부가 움푹 파이기 때문에 육안으로 구분이 가능하며 이른 바 기형과의 주를 이룬다(Jeon *et al.*, 2013). 본 시험에서의 기형과율은 서양뒤영벌 방사구가 12.1%로 가장 낮게 나타났고 검정뺨금파리 방사구는 13.2%로서 서양뒤영벌과 통계적 유의성이 없었다. 그러나 양봉꿀벌 방사구의 경우 21.9%로서 서양뒤영벌이나 검정뺨금파리 보다 높게 나타났다(welch's ANOVA Test : $F=3.968$, $p=0.021$). 기형과는 위수정과 등 수정이 완전하지 못해 발생하는 결과로서, 양봉꿀벌의 경우 1차 착과율은 가장 높으나 하우스라는 밀폐된 공간의 특성상 양봉꿀벌의 화분매개활동 범위보다 좁은 관계로 화분매개활동에 영향을 주어 서양뒤영벌과 검정뺨금파리에 비해 효율이 떨어져서 기형과율이 높은 것으로 판단된다. 또한 양봉꿀벌의 경우 꽃의 크기가 매우 작고 화밀생산이 적은 망고 꽃을 선호하지 않는 특성이 있다고 알려져 있기 때문에(Morton, 1987), 그러한 단점을 보완

하기 위해 본 시험에 투입한 양봉꿀벌 봉군수를 다양화하여 투입량을 조절하는 등 향후 몇 가지 추가 실험이 필요할 것으로 판단된다.

화분매개곤충 종별 생산물 조사

서양뒤영벌, 양봉꿀벌 및 검정뺨금파리 방사구에서 수확한 망고의 생산물에 대한 조사결과는 Table 3에 나타나 있다. 서양뒤영벌, 양봉꿀벌 및 검정뺨금파리의 화분매개활동에 의한 망고의 무게는 각각 520.7g, 514.5g, 465.3g이었으며(one-way ANOVA test: $F=6.929$, $df=2, 177$, $p=0.001$), 길이는 각각 114.6mm, 117.8mm, 112.0mm이었다(one-way ANOVA test: $F=6.335$, $df=2, 177$, $p=0.002$). 화분매개의 효율성 면에서 살펴볼 때 서양뒤영벌 방사구가 대조구인 검정뺨금파리 방사구와 비교했을 때 수정된 과중이 가장 높아 우수한 것으로 나타났으며, 양봉꿀벌 방사구에서는 기존 검정뺨금파리 방사구보다 수정 과중이 높고, 길이와 너비 조사에서도 다른 구보다 높게 나왔으나 상품성을 좌우하는 기형과율이 높은 점은 차후 검토가 필요할 것으로 판단된다. 당도 조사 결과 양봉꿀벌과 검정뺨금파리구가 12.44 Brix, %로 같은 경향이었고 서양뒤영벌이 11.8 Brix, %였다(one-way ANOVA test: $F=5.179$, $df=2, 177$, $p=0.007$). 서양뒤영벌의 경우 당도가 가장 낮게 나타났지만 3종 모두 11 Brix, % 이상으로 충분한 당도를 확보하였기 때문에 생산된 과실의 상품성에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 특히 서양뒤영벌의 경우 양봉꿀벌에 비해 저온에서의 활동성이 좋기 때문에(Free, 1970; Heinrich, 1979) 망고 초기 개화기인 2~3월 낮 기간동안 간헐적인 난방으로 일시적으로 기온이 저하될 경우에도 정상적인 수분

Table 3 Comparison of quality of mango pollinated by 3 species of pollinators, *B. terrestris*, *A. mellifera* and *C. megacephala* in the condition of net house

	<i>B. terrestris</i>	<i>A. mellifera</i>	<i>C. megacephala</i>
Weight/Fruit (g)	520.7 ± 88.9a	514.5 ± 105.2a	465.3 ± 74.0b
Length/Fruit (mm)	114.6 ± 9.1ab	117.8 ± 9.7a	112.0 ± 8.1b
Width/Fruit (mm)	89.6 ± 6.7ab	91.7 ± 5.8a	87.3 ± 5.1b
Sugar content (Brix, %)	11.8 ± 1.3b	12.4 ± 1.1a	12.4 ± 1.1a

1) The number of production surveyed was 40 and 3 replication.

2) All values are mean ± SD.

3) The different letters in same row are significantly different at weight, length, width and sugar content by One-way ANOVA Test ($p<0.0001$).

Table 4 Analysis of economical income of mango pollinated by 3 species of pollinators, *B. terrestris*, *A. mellifera* and *C. megacephala* in the condition of net house

	Weight/fruit (g)	Weight/tree (kg)	Amount of product/ 990m ² (kg)	Gross income /990m ² (Thou. won)	Production cost (Thou. won)	Economical income	
						Net income/ 990m ² (Thou. won)	Index (%)
<i>B. terrestris</i>	520.7	26.6	3,990	58,035	130	57,905	113.7
<i>A. mellifera</i>	514.5	26.2	3,930	57,162	500	56,662	111.3
<i>C. megacephala</i>	465.3	23.7	3,555	51,707	800	50,907	100.0

활동이 가능할 것으로 사료된다. 이렇게 저온이 우려 될 경우 기존 망고 수분용으로 사용하고 있는 검정뺨금파리와 병행해서 사용하거나, 검정뺨금파리가 준비되지 않은 경우에도 서양뒤영벌 단독으로 사용해도 큰 문제없이 수분용으로 효과가 있을 것으로 판단된다.

본 실험에서 착과조사와 생산물 조사결과를 토대로 망고의 단위면적당 수익률을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 과실 당 평균무게를 주 당 착과된 평균무게로 산출하고 이 결과를 망고의 표준 재배법에 의한 단위 면적(990m²)당 식재주수로 환산한 전체 수확량은 서양뒤영벌 방사구가 3,990kg, 양봉꿀벌 방사구 3,930kg, 검정뺨금파리 방사구 3,555kg순이었다. 조수입은 서양뒤영벌 방사구 58,035천원, 양봉꿀벌 방사구 57,162천원, 검정뺨금파리 방사구 51,707천원으로 관행구인 검정뺨금파리 방사구 51,707천원의 지수를 100으로 했을 때 경제적 순 수익은 서양뒤영벌 방사구 113.7%, 양봉꿀벌 방사구 111.3%으로 나타나 서양뒤영벌과 꿀벌의 방사가 망고의 화분매개활동에 효과가 크게 나타났으나 꿀벌 방사의 경우 화분매개활동에 따른 기형과율이 서양뒤영벌 방사에 비하여 81% 높은 것으로 조사되어 망고의 화분매개활동 효과에 따른 경제적 수익은 서양뒤영벌이 가장 높았다.

적 요

현재 망고 재배 농가에서 수분용으로 이용하고 있는 검정뺨금파리를 대체하고자 서양뒤영벌과 양봉꿀벌을 이용하여 방화활동 특성과 생산물의 품질 특

성 등을 조사하였다. 소문 출입활동은 서양뒤영벌 및 양봉꿀벌 모두 오전 11시에 출입활동의 피크를 보였으며, 하우스 내 가온으로 인한 고온(28.5°C)에서도 정상적인 수분활동을 하는 것으로 나타났다. 입봉 시 화분단자를 부착하여 귀소하는 개체의 비율(화분매개활동비율)을 조사한 결과, 서양뒤영벌은 모두 100%, 꿀벌도 95% 이상 화분매개활동을 하는 것으로 보아 망고작물에서의 서양뒤영벌과 양봉꿀벌, 두 종의 화분매개활동 효과는 있는 것으로 판단되었다. 두 종의 화분매개근충은 효율이 있는 것으로 판단되었다. 종별 화분매개활동은 양봉꿀벌과 서양뒤영벌의 경우 오전 11시에 활동 피크를 보였고, 검정뺨금파리의 경우 오후 3시까지 고른 활동 경향을 보였다. 온도와 조도변화에 따른 활동상황은 양봉꿀벌은 온도보다 조도의 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났으며, 서양뒤영벌과 검정뺨금파리의 경우의 조도와 온도의 변화에 큰 영향을 받지않는 것으로 보였다. 망고의 초기(1차, 개화 후 한 달) 착과율은 양봉꿀벌구 2.1%, 서양뒤영벌 및 검정뺨금파리구가 각각 1.5%로 나타났으며, 그 후 2차 조사에서 각각 0.3%로 시험군충 모두 같은 착과율을 보였다. 망고의 경우 화방 당 꽃수가 평균 1,500~2,000개 정도 되지만 정상적으로 수술과 암술이 한꽃에 존재한 경우가 10%내외로서 평균 착과율이 1차에서부터 10% 미만으로 나타난 것으로 추정된다. 과실비대기인 6월 중순에 육안으로 조사한 전체 착과 수 대비 기형과율은 서양뒤영벌 구가 12.1%로 가장 낮게 나타났고 검정뺨금파리 구 13.2%였으며 양봉꿀벌구가 21.9%로 가장 높게 나타났다. 화분매개근충별 화분매개활동에 의한 망고의 생산물 품질조사에서 과중은 서양뒤영벌 방사구가 가장 높았고 양봉꿀벌, 검정뺨금파리 순이었다. 화분매개

곤충별 경제성 분석에서는 관행구(검정뺨금파리 구) 대비 서양뒤영벌 방사구와 양봉꿀벌 방사구가 소득 지수가 높았으나, 양봉꿀벌 방사구의 경우 화분매개 활동 비율은 높은 것으로 나타났으나 기형과율이 높아 향후 이에 대한 검토가 필요한 것으로 보여진다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ008728)의 지원에 의해 이루어진 결과입니다.

인용 문헌

Batra, S.W. 1997. Solitary Bees for Vaccinium Pollination. Proc. Sixth Int. Sym. Vaccinium, D.E. Yarborough and J.M. Smagula, eds. Acta. Hort. 446: 71-76.

Free, J.B. 1970. Insect pollination of crops. Academic Press. New York: 684.

Heinrich, B. 1979. Bumblebee economics. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, and London, England. pp. 245.

Jeon, S.J., J.H. Park, S.C. Kim, E.Y. Song, J.H. Choi, K.S. Choi, C.K. Lim and M.S. Kim. 2013. Guide book of agricultural technology for mango 177. Rural development

administration 177: 125-126

Lee, S.B., N.G. Ha, K.Y. Lee, H.J. Yoon, I.G. Park, H.S. Gang, S.J. Hwang, M.Y. Lee and K. Choi. 2008. Characteristics and effects on the pollinating activities of honeybee, *Apis mellifera* L. and white-tailed Bumblebee, *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) in strawberry vinyl house. Korean J. Apiculture 23: 73-81.

Lee, H.S., S.W. Lee and H.K. Ryu. 2000. The Insects Foraging on Apple Orchards in Kyungpook Province. Korean J. of Apiculture 15: 9-20.

Morton, J. 1987. Mango, Fruits of warm climates. USDA SR 22 database: 222.

Park, H.Y., H.W. Oh, C.H. Han and Y.D. Chang. 1994. The Pollen Collecting Activity of Honeybee at Taejon, Late in the Spring. Korean J. Apiculture 9: 137-143.

Park, I.G., H.J. Yoon, M.A. Kim and K.Y. Lee. 2011. Agricultural Biology Research 2011: 354-356.

Ra vestijn, W. Van and J. Van der Sande. 1991. Use of Bumblebees For the Pollination of Glasshouse Tomatoes. Acta. Hort. 288 6th. Pollination Symposium: 204-212.

Woo, K.S and J.H. Lee. 1999. Beekeeping Management.; V. Honeybee and Pollination. 3rd Edition. Seoul National University Press

Yoon, H.J., I.G. Park, K.Y. Lee, M.A. Kim and P.D. Kang. 2012. Bumblebee rearing technology manual. National Academy of Agricultural Science. RDA. Printed in Korea.

Yoon, H.J., S.B. Lee, I.G. Park, K.Y. Lee, M.A. Kim and Y.C. Choi. 2009. Bumblebee rearing technology for crop pollination. National Academy of Agricultural Science. RDA. Printed in Korea.