

서양종꿀벌(*Apis mellifera* L.) 소비매수별 시설딸기(설향) 화분매개활동 비교

이상범^{1,2} · 윤형주² · 강석우³ · 권재석⁴ · 박기관¹

¹경상남도농업기술원 연구개발국 친환경연구과, ²농촌진흥청 국립농업과학원 기술지원팀,
³농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 곤충산업과, ⁴청담양봉원

Comparison of the pollinating activities according to number of combs per honeybee (*Apis mellifera*) hive released in the strawberry (Seolhyang var.) vinyl-houses

Sang-Beom Lee^{1,2}, Hyung-Joo Yoon², Seok Woo Kang³, Jae Seok Kwon⁴ and Ki-Kwan Park¹

¹Environment-Friendly Agricultural Research Division, Kyeongsang Nam-Do Agricultural Research and Extension Service, Jinjoo 660-360, Korea

²Technology Services Team, National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 565-851, Korea

³Applied Entomology Division, Agricultural Biology Bureau, National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 565-851, Korea

⁴Cheongdam Beekeeping, Baegkok-ri, Hyajeong-myeon, Uiryong-goon, Gyeongsangnamdo 636-805, Korea

(Received October 06, 2014, Accepted October 28, 2014)

ABSTRACT

This study was examined the pollinating activity and the economical effect according to numbers released of *Apis mellifera* in the 825 m² strawberry (Seolhyang var.) vinyl-houses. The time-zone of pollinating activity relative to numbers of honeycomb released at the strawberry (Seolhyang var.) vinyl-houses was together from 9A.M. to 4P.M., and the peak time of pollinating activity was 11A.M.. The effects on pollinating activity relative to the honeycomb numbers in the honeybee hive released at the strawberry houses were ordered 5 honeycombs (11,000 heads), 4 honeycombs (8,800 heads) and 3 honeycombs (6,600 heads). The rate of workers lost in *A. mellifera* hives with 5 honeybee combs and 4 honeycombs during the strawberry cultivating period were lower than that of 3 honeycombs. The rates of fruit set by pollinating activity relative to the honeycomb numbers in the honeybee hive released at the strawberry vinyl-houses were same level with over 98%. The fruit qualities; No. of seeds, sugar content and rate of normal fruit set were same level, but fruit weights were ordered 5 honeycombs in 37.2 g, 4 honeycombs in 35.6 g and 3 honeycombs in 32.6 g. The marketing incomes of 4 honeycombs and 5 honeycombs were 9% to 13% higher than that of 3 honeycombs, respectively. Therefore, when the strawberry (Seolhyang var.) was planted at 825 m² of a vinyl-houses, it was surveyed that the most suitable numbers of honeycomb were over 4 honeycombs (8,800 heads).

Key word : Strawberry, Seolhyang var. *Apis mellifera*, Pollinating activity, Honeycomb

서 론

꿀벌은 딸기(*Fragaria × ananassa* Duchesne)꽃의 주요한 화분매개곤충이다(Petkov 1965). 한국에서 딸기재배는 1973년 이전까지는 100% 노지재배였으나 1968년 논산시에서 딸기 비닐 멀칭재배가 성공함으로써 비닐재배가 도입되었고, 1973년 신품종 보급조생의 보급으로 급속도로 증가되었다(NSSES 2013). 한국에서 동계기 딸기하우스에 꿀벌

을 도입한 것은 1970년대 후반부터이며 본격적으로 보급된 것은 1980년대 초반부터이며, 1980년대 중반기 이후에는 거의 모든 농가에서 이용하고 있고, 2009년도 이후에는 전국 딸기재배 농가 대부분이 꿀벌을 이용하고 있다(Ahn et al. 1989, Lee et al. 2007, Lee et al. 2008, Seo et al. 2011, Yoon et al. 2011). 2012년도에는 전체 딸기재배면적 6,435 ha의 98%인 6,290 ha에서 꿀벌을 화분매개곤충으로 사용하고 있다(KOSIS 2013). 화분매개곤충인

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

꿀벌이 하우스에 도입된 것은 1967년 독일에서부터 시작되었으며, 일본은 1968년 덕도현농업시험장에서 딸기 하우스재배에 수분효과가 확인된 이래, 시설딸기에서 꿀벌 이용에 대한 연구가 꾸준히 이루어져 왔고(Gawasado and Agagi 1971, Inouae and Inouae 1972, Tsujikawa 1981, Sasaki 1984, Kitagawa 1985, Katayama 1987), 1972년 이후부터 이용농가도 급증하였다(Shimotori 1981, Tsujikawa 1981). 한국은 현재 딸기재배가 주로 축성재배 작형으로 변화하였으며, 이러한 재배 작형의 변화는 화분매개곤충의 요구를 더욱 증가시키고 있으며 재배방법의 개선에 따라 화분매개곤충에 의한 화분매개로 과실의 양적, 질적 향상은 물론 노동력 절감효과까지 가져오고 있다(Sakai and Matsuka 1988, Svensson 1991). 딸기의 최대생산량과 과실의 크기는 화분매개곤충의 적절하고도 활동적인 조건하에서 결정되며, 꿀벌 2종(*Apis mellifera*와 *A. cerana*)은 전 세계를 통하여 농업분야에서 뚜렷하고 가장 가치 있는 곤충화분매개자로서 인정받고 있다(McGregor 1976). 딸기의 토양은 배수가 잘되고 수분을 알맞게 지닌 참흙에서 재배가 잘 되며, 생육 적온이 17~20°C인 냉량한 기후를 좋아하여 겨울철 시설재배가 가능한 작물이다(RDA 2013). 그러나 겨울철은 봄철과 달리 방화곤충에 의한 수분이 전혀 이루어지지 않아 화분매개곤충을 구입하여 방사하여 원활한 수분이 이루어지도록 해 주어야 기형과 비율을 줄여서 경제적인 수확을 할 수 있다(Kronenberg 1959, Kronenberg et al. 1959, Hughes 1961, Free 1968a, Moore 1969, Connor 1970, Nye and Anderson 1974, Pion et al. 1980, Bagnara and Vincent 1988, Svensson 1991, Chagnon et al. 1993, Lee et al. 1998, Tsujikawa 1981, Inouae and Inouae 1972). 딸기꽃은 꿀벌을 방사했음에도 재배 생리적 이상으로 기형과가 발생하는 경우가 있다. 딸기의 기형과 발생원인으로서 화분매개곤충 유무, 고온과 저온, 하우스내 다습과 건조, 일조불량, 부적합한 농약살포 그리고 딸기의 영양상태 등이 있다(NSSSES 2013). 하우스 내에서 꿀벌이 딸기꽃을 방문하여 수분시켰을 때, 꿀벌 무방사구에 비하여 1.3~4.3배 무거운 것으로 나타났다. 특히 1번 과에서 꿀벌이 방화하지 않았을 경우, 기형과율이 품종에 따라 85~100%로 매우 높게 나타난다(Lee et al. 1998, Lee 1999, Tsujikawa 1981). 본 시험 장소인 진주시 시설딸기재배 농가의 주된 포장면적은 660 m²~825 m²로서 1988년도의 밀양, 김해, 담양, 논산 등지에서 주종을 이루었던 딸기재배농가의 면적인 600 m²~800 m²와 크게 다르지 않았다(Ahn et al. 1989). 2009년 전국 딸기재배 농가를 대상으로 조사한 시설하우스 1동 당 평균면적은 664 ± 23.1 m²이었다(Yoon et al. 2011). 따라서 시설딸기에서 꿀벌의 투입시기에 봉군당 적정일별수를 확보하는 것

이 딸기생산에 중요한 관건이기 때문에(Ahn et al. 1989) 한국에서는 봉군당 소비매수가 3~4매인 경우가 가장 많은 것으로 조사되었고, 시설딸기재배농가에서는 660 m²에 10,637마리의 꿀벌을 사용하는 것으로 추정된다(Yoon et al. 2011). 일본에서는 10a 당 5매군(10,000마리)을 기준으로 방사하여 딸기를 수분시키고 있다. 그러나 현재 딸기 화분매개용 봉군에 대한 적정규격기준이 마련되어 있지 않은 실정이어서, 양봉농업인들이 봉군규격을 자체적으로 지킬 수 있는 적정봉군기준이 마련되어야 한다(Ahn et al. 1989). 따라서 본 시험은 시설딸기(설향)에서 꿀벌의 소비매수별 화분매개활동특성과 경제성을 분석하여 시설딸기재배농업인의 경제적이고 적정한 봉군사용기준을 제시하고자 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험장소 및 공시충

경상남도 진주시 대곡면 와룡리 딸기재배농가에서 딸기(공시품종: 설향)가 재배된 825 m² 하우스 6동에 꿀벌 봉군별 소비매수 3개, 4개 그리고 5개씩을 공시하여 2반복으로 시험을 실시하였다. 딸기의 경우 품종에 따라 차이가 있으나 밀폐된 하우스 환경에서는 충분한 수분이 이루어지지 않을 경우 기형과 발생률이 높아지므로(Hughes 1961, Free 1968b, Nye and Anderson 1974, Pion et al. 1980), Ahn et al.(1994)의 조사에서 일반적으로 사용하고 있는 봉군당 소비매수와 현재 농가에서 방사하고 있는 소비매수를 참고하여 본 시험에서는 소비매수를 3매, 4매 그리고 5매로 정하였다. 하우스의 폭과 길이는 9 m와 92 m, 높이는 4 m, 방향은 남북으로 길게 배치된 상태였고, 화분매개곤충 방사를 위하여 따로 측창은 부착되지 않았다. ‘설향’의 정식일은 9월 10일이었으며, 825 m² 하우스 1동에 6개 이랑으로 구성되었고, 이랑 당 2줄씩 총 8,400주의 딸기가 식재되었다. ‘설향’ 품종은 충청남도농업기술원 논산딸기시험장에서 2005년도 개발한 품종으로 2007년부터 본격 보급되었다. ‘설향’의 성숙일수는 정화방은 장희와 비슷하며, 휴면이 얇은 편으로 100~150시간 정도의 저온 요구시간이 필요하며, 화아분화는 자연조건하에서 ‘장희’, ‘매향’보다 약간 늦으며, ‘육보’ 보다는 빠르다. 보통 축성재배를 할 경우 12월 초·중순경 수확이 가능하다. 2~3월 개화는 기온상승에 따라 짧아진다. ‘설향’은 도입 품종에 비해 10a당 300~1,000 kg 가량 수확량이 많고, 당도도 13.5~14 Brix로 도입 품종보다 2 Brix 정도 높다(NSSSES 2013). 10월 10일 늦은 오후시간에 꿀벌봉군을 하우스 안쪽에 배치하고 소문을 남쪽으로 향하도록 하였다. 1시간 정도 안정시킨 후 소문을 열어 정위활동을

하도록 하여 시험에 정해진 화방이 개화되는 시기에 꿀벌이 화분매개활동을 할 수 있도록 하였다.

2. 꿀벌 소비매수별 화분매개활동 특성

시설딸기(설향)에서 소비매수별 꿀벌의 화분매개 활동수는 3화방 개화 첫째 날인 11월 7일부터 11월 28일까지의 날짜 중 11월 7일, 11월 14일, 11월 15일 그리고 11월 28일을 택하여 4일간 조사하였으며, 매회 조사 시에 하우스 환경조사와 병행하여 1~2일 정도 오전 9시부터 오후 4시까지 2시간 간격으로 포장을 들며 소비매수별 딸기꽃에서 방화활동하는 일벌의 활동수를 관찰하여 일주활동 양상을 조사하였다. 소비매수별 출봉수와 입봉수 조사 역시 화분매개활동수 조사와 같은 시간에 조사하면서 입봉하는 일벌 중 화분단자를 달고 귀소하는 벌수를 조사하여서 화분매개활동수의 비율을 추정하여 보았다. 꽃에 머무는 시간(방화시간)과 꽃간 이동 시간은 역시 화분매개활동수를 조사할 때 각각 30회 이상씩 기록하여 평균값을 취하였다. 이 때 딸기꽃에서의 꿀벌의 화분 및 화밀 수집행동도 관찰하여 기록하였다. 착과율은 조사하고자 하는 2~3화방의 표식된 부위에서 꿀벌의 화분매개활동이 종료된 후인 11월 21일에서 11월 28일 사이에 실시하였다. 봉군의 감소율은 육안으로 관찰을 위주로 하였으며, 처음 10 cm × 10 cm의 면적을 표시하여 일벌의 수를 산출하여 둔 다음 약 30일 간격으로 표시면적의 일벌수를 세어서 소비당 마리수를 산정하는 방식으로 조사하였다.

3. 꿀벌 소비매수별 화분매개활동에 의한 생산물 조사

소비매수별 꿀벌의 화분매개활동에 의한 생산물조사는 12월 15일부터 12월 23일까지 3~4일 간격으로 농가의 수확일에 맞추어 진주를 방문하여 포장 내에서 생산물의 수확시기에 정기적으로 수확작업에 참여하는 사람들이 수확한 한그릇, 즉 4 kg 정도의 딸기를 처리구 당 2개씩을 임의로 선정하였다. 생산물은 12월 18일부터 12월 24일까지 수확하는 시기별로 수확 후 즉시 자가용을 이용하여 실험실로 운반하여 냉장실에 보관하였다가 다음 날 오전에 딸기의 무게, 길이, 당도, 종자수 등을 조사하였다. 딸기의 무게는 전자저울(OHAUS Exploer, Scale 1/1000 g, USA)을 이용하였고, 길이는 캘리퍼스(Electronic Digimatic, Mitutoyo Corporation, Japan, Model CD-15B)를 이용하였으며, 당도는 과육을 갈아 즙을 내어 당도계(ATAGO N-1E, Brix0 ~ 32%, Japan)를 이용하여 측정하였다. 종자수는 30개 이상의 정상과실을 대상으로 완전하게 형성된 종자를 세어 평균값을 취하였다. 딸기 품질조사를 하기 전에 가져온 딸기를 테이블에 펼쳐놓고 농가에서 선별하는 방식으로 상품과와 비상품과로 구별하여 비율을 산출한

뒤, 한 개의 포장에서 한그릇, 4 kg 정도의 딸기가 1회 생산되는 그릇수(30그릇/회)에 대입하여 생산물의 양을 산출하고, 수확시기에 맞추어 홍콩, 싱가포르 등에 kg당 수출단가의 딸기가격을 대입하여 10a당 생산물의 경제성을 환산하였다.

결과 및 고찰

1. 꿀벌 소비매수별 화분매개활동 특성

오전 9시부터 오후 4시까지 시설딸기(설향)에서 꿀벌 소비매수별 출입봉수를 조사하였다. 소문에서의 출입봉수는 오전 11시에서 오후 3시까지 활발하였는데, 오전 9시경과 오후 3시경 이후에는 출입봉의 활동량이 현저하게 적었다(표 1, 그림 1). 출봉수는 소비매수 3매봉과 4매봉 그리고 5매봉이 공히 오전 11시경에 가장 많았다. 입봉수는 소비매수 3매봉과 5매봉이 오후 1시경에 가장 많았으나 소비매수 4매봉은 오전 11시에 입봉수가 많은 경향을 보였다. 화분매개활동을 하는 일벌수로 알아볼 수 있는 입봉수 중 화분매개활동에 의한 화분단자를 부착하고 입봉하는 일벌의 비율은 소비매수 3매봉과 4매봉은 입봉수와 같이 오후 3시경이 가장 높았으나 소비매수 5매봉은 오히려 오후 1시경이 가장 많아 약간의 차이를 보였다. 이때 입봉수 중 화분수집봉이 정점에 달하는 비율이 소비매수 3매봉이 66.7%, 소비매수 4매봉이 71.0% 그리고 소비매수 5매봉은 67.9%로서 소비매수별로 차이가 적어서 소비매수가 많을수록 화분수집봉 비율이 높은 것이 아니었으나 소비매수 5매봉의 출입봉수가 소비매수 3매봉 보다 많아서 화분매개활동량은 많은 것으로 사료된다. 이러한 약간의 차이는 소비매수별 뿐만 아니라 봉군별 양적인 수집능력의 차이, 유전적 차이에 의해 특정 꽃의 화분 또는 화밀을 수집하는 선호성의 차이 그리고 봉군의 내적 환경요인 등은 너무 복잡하여 야외봉군에서 화밀 및 화분수집능력을 평가하기란 쉽지 않다(Rashad 1957, Free 1970, Graham 1993, 그림 1)고 생각된다. 딸기의 암술의 수정능력은 개화 전일부터 개화 후 10일까지 유지되며, 수술 꽃밥의 열림은 보통 개화 후 맑은 날이면 당일 또는 그 다음날 내에 대부분 이루어지는데 꽃밥의 열리는 시기는 낮 동안이며 오전 11~12시경에 최고정점에 이르며, 화분발아능력은 하루 전부터 가지며, 개화 다음날 가장 높고, 45일 후에는 상실된다(Gang 1996, Lee et al. 1998). 시설딸기(설향)에서 출입봉수, 입봉수 중 화분단자 부착봉 비율 그리고 화분매개활동수가 오전 11시경에서 오후 1시 사이에 활동정점을 이루며 활발하게 활동하는 것은 출봉 후 화밀과 화분의 수집으로 보상이 되는 수술이 열리는 시기인 낮 동안 오전 11~12시인 것과 관련이 있다고 사

Table 1. Number of out-going bees and in-coming bees, and rate of pollen gathering bees per in-coming bees according to the honeycombs of *Apis mellifera* at the strawberry (Seolhyang variety) vinyl-houses

Day time	3 bee combs (6,600 heads)			4 bee combs (8,800 heads)			5 bee combs (11,000 heads)		
	No. of out-going bees (head)	No. of in-coming bees		No. of out-going bees (head)	No. of in-coming bees		No. of out-going bees (head)	No. of in-coming bees	
		Total bees (head)	Rate of bees with pollen load (%)		Total bees (head)	Rate of bees with pollen load (%)		Total bees (head)	Rate of bees with pollen load (%)
09 : 00	15.0 ± 12.5ab	7.6 ± 8.4ab'	33.1 ± 36.9a"	18.5 ± 21.4ab	23.0 ± 23.8bc'	33.9 ± 39.3a"	4.8 ± 6.4a	7.0 ± 8.9a'	45.0 ± 52.6ab"
11 : 00	38.3 ± 22.2bc	64.3 ± 27.3c'	64.1 ± 9.7b"	45.3 ± 41.9bc	60.0 ± 24.3c'	57.0 ± 15.7ab"	39.0 ± 22.9b	51.0 ± 25.0c'	64.5 ± 33.1b"
13 : 00	28.1 ± 20.6b	68.4 ± 15.6c'	63.4 ± 19.4b"	26.5 ± 15.9b	59.8 ± 17.8c'	63.9 ± 9.0ab"	32.0 ± 28.4b	54.3 ± 28.1c'	67.9 ± 8.4b"
15 : 00	22.9 ± 21.9b	29.6 ± 22.0bc'	66.7 ± 13.0b"	23.3 ± 25.5b	23.5 ± 19.3bc'	71.0 ± 8.9b"	28.5 ± 28.2ab	8.5 ± 6.4ab'	56.3 ± 18.5ab"
16 : 00	0.4 ± 0.7a	2.8 ± 2.3a'	49.0 ± 32.3a"	7.3 ± 7.9a	12.3 ± 12.5a'	58.9 ± 19.4ab"	1.8 ± 2.4a	6.5 ± 9.4ab'	36.7 ± 42.7a"

For the statistical analysis, One-way ANOVA test were used: No. of out-going bees, No. of in-coming bees according to honeycombs $p < 0.05$ (Significant Difference), $n = \text{Over } 30$. Reference days: 4days (7, 14, 15 and 28 November, 2009). Temperature and humidity in the of vinyl-houses during the Reference period: 09 : 00 (20.2°C, 80.5%), 11 : 00 (26.7°C, 63.9%), 13 : 00 (24.1°C, 61.5%), 15 : 00 (12.5°C, 65.1%), 17 : 00 (18.8°C, 72.3%). Illumination and ultraviolet rays in the of vinyl-houses during the Reference period: 09 : 00 (81.8 Lux, 19,862 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), 11 : 00 (186.7 Lux, 40,867 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), 13 : 00 (130.5 Lux, 28,883 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), 15 : 00 (56.9 Lux, 16,028 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), 17 : 00 (53.3 Lux, 15,125 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$).

료된다.

꿀벌의 소비매수별 일주활동 변화는 공히 출입봉수와 같은 활동양상을 보이고 있으며, 화분매개활동 정점시간도 소비매수 3매, 4매 그리고 5매의 경우 공히 오전 11시였으며, 소비매수 4매의 경우 오전 11시부터 오후 1시경까지 화분매개활동이 유지되었다(그림 1). Lee et al.(2008)의 '장희' 품종에서 꿀벌의 일주활동조사는 오후 3시경의 화분매개활동보다는 오전 9시경부터 오후 1시경까지 활발한 화분매개활동을 보였다고 하여 본 조사와 거의 같은 화분매개활동 패턴을 보이고 있다. 또한 꿀벌 일주활동수는 온도가 높고 습도가 낮을수록 많은 경향이었다고 하였으나(Tsujikawa 1981), Lee et al.(2008)과 Tsujikawa (1981)는 조도와 자외선량은 정점에 이른 오전 11시경보다는 정점에 이르렀다가 약간 떨어지는 오후 1시경에서 오후 2시경에 일주활동수가 정점에 도달한다고 하여 시험자의 포장환경과 시험기간에 따라 약간의 차이를 보이는 것으로 생각된다. 딸기(설향) 품종에서 소비매수별 꿀벌의 화분매개 일주활동 중 일주활동 정점시간인 오전 11시경의 꿀벌의 화분매개 일주활동수는 소비매수 3매는 70마리, 4매는 62마리 그리고 5매는 68마리로서 소비매수와 비례하는 경향을 보이지는 않았다. 이것은 소비매수별 차이뿐만 아니라 봉군과 포장 환경의 차이 등과 관련된 요인들이 너무 복잡하게 관련되어져 있어서 봉군의 화밀 및 화분수집능력을 평가하기란 쉽지 않다(Rashad 1957, Free 1970, Graham 1993, 그림 1). Lee(1999)는 딸기 '여봉' 품종에서는 오후 2시에 최고의 활동량을 보였고, '보교조생' 품종에서는 오전 12시와 오후 3시에 많은 활동량

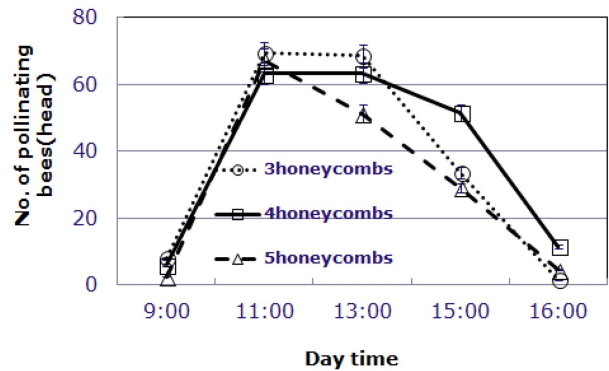


Fig. 1. Diurnal rhythm of pollinating activity according to honeycombs of *Apis mellifera* at the strawberry (Seolhyang variety) vinyl-houses. For the statistical analysis, One-way ANOVA test were used: Diurnal rhythm of pollinating activity according to honeycombs of *Apis mellifera* $p > 0.05$ (N.S.), $n = 3$ hives. Reference days: 4days (7, 14, 15 and 28 November, 2009). Temperature and humidity in the of vinyl-houses during the Reference period: 09 : 00 (20.2°C, 80.5%), 11 : 00 (26.7°C, 63.9%), 13 : 00 (24.1°C, 61.5%), 15 : 00 (12.5°C, 65.1%), 17 : 00 (18.8°C, 72.3%). Illumination and ultraviolet rays in the of vinyl-houses during the Reference period: 09 : 00 (81.8 Lux, 19,862 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), 11 : 00 (186.7 Lux, 40,867 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), 13 : 00 (130.5 Lux, 28,883 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), 15 : 00 (56.9 Lux, 16,028 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), 17 : 00 (53.3 Lux, 15,125 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$).

을 보였으며, 활동정점은 오후 3시라고 하여 본 조사의 오전 11시경의 활동정점 시기와는 달라 딸기 품종별로 다른 결과를 보이고 있는 것으로 추정된다. 화분매개곤충의 화분매개활동에 의한 적합한 딸기꽃 암술의 수정능력은 개화 후 1~3일 사이가 가장 높다. 따라서 개화 후 13일내

에 꿀벌에 의한 수분이 이루어지는 것이 가장 바람직하다(Lee et al, 1998; Lee 1999). 보통 딸기꽃 한 송이에는 26~30% 당도의 화밀이 0.6~0.8 mg이 있다(Shaw et al. 1954). 따라서 하우스 내 딸기의 영양과 개화수 그리고 화분매개곤충의 종류와 투입된 봉군의 적정 일벌수 또는 일벌수의 다소에 따라 딸기 수분에 알맞은 시설 내 방사수를 결정하여야 딸기의 경제적 수분이 가능할 것으로 사료된다.

딸기(설향) 꽃을 방문하여 꽃에 머무는 시간(방화시간)은 소비매수별로 3매봉과 4매봉 그리고 5매봉이 각각 5.8초와 6.2초 그리고 6.6초로서 통계적 유의차가 없는 것으로 조사되었고, 소비매수별 꽃간 이동시간도 4.4~5.3초로서 통계적 유의차가 없었다. Lee et al.(1998)은 ‘여봉’ 품종에서 꽃간 이동시간이 3초 정도라고 하여 본 조사가 4.4~5.3초로서 1~2초 정도 길었다(표 2). Petkov(1965)는 꿀벌은 딸기꽃의 방화시간이 7초라고 하여 본 시험의 소비매수별 방화시간보다 23초정도 더 오래 머물렀다고 하였으며, Free(1968b)는 딸기꽃의 방화시간이 10초라고 하여 본 시험의 방화시간보다 각각 5초와 6초 정도 더 오래 머물렀다고 하여 조사자에 따라 큰 차이를 보이는 것으로 생각된다. 꿀벌은 화밀채집봉과 화밀채집봉 그리고 화밀과 화분을 수집하기 위하여 이량을 따라 개화되어 있는 딸기꽃을 따라 연속적으로 방문하는 방화습성을 가진다(Free 1970, Lee et al. 2008, Parker 1926). 딸기 품종에 따른 화밀량과 화분량의 차이, 봉세의 차이, 딸기생육과 생리 그리고 재배 하우스 환경의 차이에서 기인하는 것으로 사료된다. 딸기꽃은 암술, 수술을 갖춘 완전화로서 꽃이 붙어 있는 볼록한 부분(화탁)이 반타원형인데 수술은 20~25개가 형성되며, 암술은 다른 꽃의 한 개와는 달리 100~400개로 구성되어 있기 때문에 암술 하나 하나에 수분이 이루어져야 기형과를 방지할 수 있다(Lee et al. 1998). 화분을 채집하는 꿀벌은 딸기꽃 위에서 좌우로 돌며 화분을 채집하였고, 화밀을 채집하는 꿀벌은 꽃받침 쪽으로 머리를 아래로 박고 꼬리부분은 위로하여 밀샘을 돌아가면서 돌면서 화밀채집에 열중하는 것으로 관찰되었다.

꿀벌 봉군을 딸기하우스 내에 방사한 후 1개월 간격으로 조사한 봉군의 손실률은 소비매수 4매봉과 5매봉이 방사 후 2개월 동안은 10%, 3개월 되면서 15% 정도로 떨어졌으나 소비매수 3매봉에 비해 손실률이 적게 떨어지는 편이었다. 소비매수 3매봉은 방사 후 2개월 동안은 15%, 3개월 되면서 20%로 떨어져서 소비매수 4매봉과 5매봉보다 기간이 경과할수록 떨어지는 경향을 보였으나 방사 후 3개월 동안 80% 수준은 유지하는 것으로 조사되었다. 일반적으로 하우스내 봉군을 투입한 후 일수가 경과할수록 봉군의 소모는 계속되며, 2월 하순에서 4월 초순 소상 회수 할 때에는 봉군수가 50% 이하로 감소하거나 전멸하는 경우가 많은데 하우스의 온도가 25°C 이상 고온으로 되면 꿀벌이 방화활동을 하지 못하고 하우스 천정에 모여 날다가 폐사하기 때문에 소모가 더욱 심해진다(Ahn et al. 1989, Ahn et al. 1994, Lee et al. 2006). 또한 양봉농가와 딸기재배농가에서 설탕급이, 화분공급, 병해충 방제 등 정기적인 관리를 하지 않음으로써 봉군 소모가 더욱 심해질 수도 있다. 이처럼 일벌의 소모가 심하게 되면 화분화밀의 유입이 적어지고 여왕벌의 산란이 저하됨으로 인하여 자연히 일벌들의 화분채집 활동이 급속하게 저하되고, 화분매개효과 또한 크게 떨어지게 된다. 따라서 하우스 내의 온도 및 습도 관리는 봉군의 감소를 줄이기 위하여 반드시 필요하다고 하겠다. 일본에서는 하우스내의 온도차와 습도차로 인하여 벌들이 받는 충격을 완화하기 위해 하우스벽에 소상을 붙여놓고 하우스 외부로 소문을 1개 더 낸 양소문 소상으로 기형과율 및 봉세 유지를 시험한 바도 있다(Tsujikawa 1981). 봄철 측창이 열린 상태에서의 꿀벌봉군 5,000여 마리(소비 3장)를 3월 20일 방사하였을 경우 봉세변화는 조사일이 경과될수록 봉세가 줄어들어 40일 후에는 화분매개효과를 기대할 수 없을 정도가 된 경우도 있었다(Lee et al. 2006). Yoon et al.(2011)의 자료에서 소비매수 당 평균 착봉수는 2,216.7 ± 103.8마리로서 본 시험에서 방사한 소비매수 2,200마리와 같은 수준이었다. 전국 딸기 재배농가에 방사된 봉군당 소비매수는 4매인 경우가 35.7%로 가장 많았으므로 시설딸기 재배농가에서는 660 m²에 8,867마리의 꿀벌

Table 2. Visiting time on the strawberry flower and flying time from one flower to another flower according to the honeycombs of *Apis mellifera* at the strawberry (Seolhyang variety) vinyl-houses

Visiting time on a flower (Sec.)			Spending time from a flower to another flower (Sec.)		
3 honeycombs	4 honeycombs	5 honeycombs	3 honeycombs	4 honeycombs	5 honeycombs
5.8 ± 2.5	6.2 ± 2.4	6.6 ± 2.4	5.3 ± 2.0	4.8 ± 2.9	4.4 ± 2.5

For the statistical analysis, One-way ANOVA test were used: Visiting time on a flower $p > 0.05$ (N.S.), Spending time from a flower to a flower $p > 0.05$ (N.S.). n = Over 30. Reference days: 4 days (7, 14, 15 and 28 November, 2009).

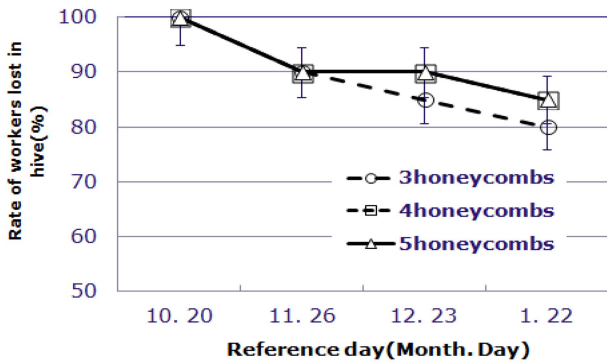


Fig. 2. Rate of workers lost in *Apis mellifera* hive according to the honeycombs of *A. mellifera* during the strawberry (Seolhyang var.) cultivating period. For the statistical analysis, One-way ANOVA test were used: Rate of workers lost in *Apis mellifera* hive according to the honeycombs of *A. mellifera* $p > 0.05$ (N.S.), $n = 3$ hives. Bee releasing date at the strawberry vinyl-houses was 20 November, 2009. Temperature and humidity in the of vinyl-houses during the Reference period: 09:00 (20.2°C, 80.5%), 11:00 (26.7°C, 63.9%), 13:00 (24.1°C, 61.5%), 15:00 (12.5°C, 65.1%), 17:00 (18.8°C, 72.3%). Illumination and ultraviolet rays in the of vinyl-houses during the Reference period: 09:00 (81.8 Lux, 19,862 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), 11:00 (186.7 Lux, 40,867 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), 13:00 (130.5 Lux, 28,883 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), 15:00 (56.9 Lux, 16,028 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), 17:00 (53.3 Lux, 15,125 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$)

을 사용하는 것으로 추정되어서, 본시험의 소비매수 4매 (8,800마리)와 같은 수준이었다.

착과율은 꿀벌 소비매수별로 통계적 유의차는 없었으며, 소비매수 3매봉과 4매봉 그리고 5매봉 공히 98.6100%로서 경제적 착과율 이상을 유지하였고, 육안관찰 결과 기형과는 거의 없었다(그림 3). ‘장희’ 품종에서 꿀벌의 화분매개활동에 의한 착과율이 99.1%라고 한 Lee et al.(2008)

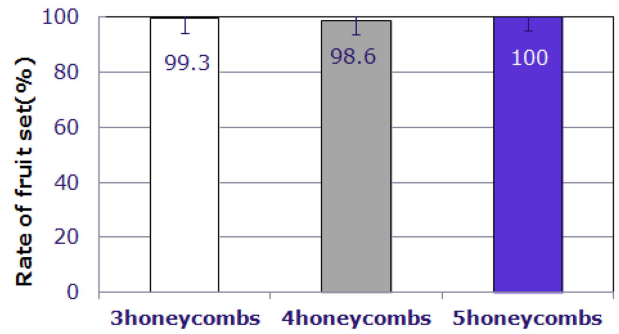


Fig. 3. Rate of fruit set by pollinating activity according to the honeycombs of *A. mellifera* at the strawberry (Seolhyang var.) vinyl-houses For the statistical analysis, One-way ANOVA test were used: Rate of fruit set by pollinating activity according to the honeycombs of *A. mellifera* $p > 0.05$ (N.S.), $n = 3$ hives.

의 자료와 같은 수준이었다. 따라서 시설딸기에 꿀벌을 방사하면 기형과율을 줄이고, 정상과 비율을 높일 수 있다(Kronenberg 1959, Kronenberg et al. 1959, Hughes 1961, Svensson 1991, Lee et al. 1998, Lee et al. 2006). Ahn et al.(1989)도 밀양지방 시설딸기의 농가설문조사에서 꿀벌을 방사하여 기형과가 1~2%로서 꿀벌봉군 투입 효과를 인정한 바가 있다.

2. 꿀벌 소비매수별 화분매개활동에 의한 생산물 조사
딸기(설향)에서 소비매수별 꿀벌의 화분매개활동에 의한 품질을 조사한 결과, 무게는 3매봉 32.6 g, 4매봉 35.6 g 그리고 5매봉 37.2 g으로서 통계적 유의차는 없지만 소비매수가 많을수록 무거워지는 경향을 보였다. 과경 즉 길이와 과폭 또한 무게와 같은 경향을 보였다. 딸기의 최대 생산량과 과실의 크기는 화분매개곤충의 적절하고도 활동

Table 3. Qualities of strawberry products by pollinating activity according to the honeycombs of *Apis mellifera* at the strawberry (Seolhyang var.) vinyl-houses

Fruit weight (g)			Fruit length (mm)					
			Length			Wide		
3honey-combs	4honey-combs	5honey-combs	3honey-combs	4honey-combs	5honey-combs	3honey-combs	4honey-combs	5honey-combs
32.6 ± 6.3	35.6 ± 4.0	37.2 ± 8.7	52.4 ± 6.3	51.5 ± 5.9	52.8 ± 5.9	40.4 ± 3.3	43.9 ± 2.6	42.5 ± 2.3
No. of seeds (Each)			Sugar content (Brix,%)			Rate of normal fruit set (%)		
3honey-combs	4honey-combs	5honey-combs	3honey-combs	4honey-combs	5honey-combs	3honey-combs	4honey-combs	5honey-combs
233.0 ± 53.6	284.1 ± 45.4	267.0 ± 35.4	13.8 ± 1.4	13.5 ± 1.3	13.2 ± 2.2	98.3 ± 14.7	98.1 ± 23.2	98.0 ± 19.5

For the statistical analysis, One-way ANOVA test were used: Fruit weight, Fruit length, No. of seeds, Sugar content and Rate of normal fruit set $p > 0.05$ (N.S.). Harvest period: 15 ~ 23, December, 2009. Reference date: 18 ~ 24 December, 2009.

Table 4. Economical analysis according to honeycombs of *Apis mellifera* at the strawberry (Seolhyang var.) vinyl-houses (In case of one time harvest).

Fruit setting method	Amount of product (one time harvest)/10 a (kg)	Amount of normal fruit set/10 a (kg) (Rate of normal fruit set, %)	Export price/kg (Won)	Income (Thou. Won)	Index (%)
3 honeycombs	35.9	35.3 (98.3)	10,000	353	100
4bee honeycombs	39.2	38.4 (98.1)	10,000	384	109
5bee honeycombs	40.9	40.1 (98.0)	10,000	401	113

Harvest period: 15 ~ 23 December, 2009. Reference date: 18 ~ 24 December, 2009.

적인 조건하에서 결정된다는 McGregor(1976)의 보고와 딸기의 ha당 생산량은 꿀벌 봉군에서 거리가 가까울수록 높다는 Svensson(1991)의 자료로 볼 때 밀폐된 환경인 시설 하우스에서의 꿀벌의 화분매개활동 효과는 하우스 환경과 밀접한 관련이 있는 것으로 생각되어진다(NSSSES 2013). 종자수와 당도 그리고 상품과율은 소비매수별로 각각 233 ~ 284개와 13.2 ~ 13.8 Brix,%로서 통계적 유의차는 없었다(표 3). 정형과율은 소비매수별 통계적 유의차가 없이 약 98%로 조사되었다. 본 조사의 정형과율은 Lee et al. (2008)이 '장희'에서 꿀벌의 정형과율이 92.3%라고 한 조사와 Tsujikawa (1981)가 조사한 정형과율 90 ~ 97%보다 높게 나타났다(표 3).

시설딸기(설향)에서 10a당 1회 수확량을 보면 소비매수 5매봉은 40.9 kg으로서 소비매수 4매봉과 3매봉 각각 39.2kg과 35.9kg보다 많았다. 이러한 1회 수확량은 Lee et al.(2008)이 '장희'에서 조사한 꿀벌 화분매개활동에 의한 1회 수확량 38.1kg과 같은 범위에 있었다. 10a 당 1회 수확에 따른 경제성은 소비매수 5매봉과 4매봉이 3매봉에 비하여 각각 13%와 9% 증가하는 것으로 조사되었다. 따라서 꿀벌 봉군내 소비매수 5매봉이 화분매개활동과 봉군 유지비율 그리고 생산물의 품질에서 좋은 결과를 보였다.

적 요

시설딸기(설향, 825 m², 8,400주, 9. 10정식)에서 서양종 꿀벌 소비매수별 화분매개활동과 경제적 효과에 대하여 시험하였다. '설향' 딸기에 방사된 꿀벌 소비매수별 출봉수는 오전 11경에 가장 활발하였으며, 입봉수는 오전 11시부터 오후 1시 사이에 활발한 경향을 보였다. 입봉수 중 화분단자 부착봉이 오후 1시와 3시 사이에 가장 많아서 화분매개활동은 오전 11시와 오후 3시 사이에 가장 활발한 것으로 조사되었다. 꿀벌 소비매수별 일주활동은 오전 11시경에 활동 정점에 도달하였으며, 소비매수별로 화분

매개활동수 차이를 볼 수 있었다. 꿀벌 소비매수별 방화 시간은 공히 약 6~7초 정도 머물렀으며, 꽃간 이동시간은 약 4~5초 정도 소요되었다. '설향' 딸기 포장에 방사하여 3개월 경과 후 꿀벌 소비매수별 봉군손실률은 4매봉과 5매봉이 3매봉보다 낮았다. 꿀벌 소비매수별 착과율은 공히 98% 이상으로 차이가 없었다. 소비매수별로 화분매개활동에 의한 품질조사에서 과중은 5매봉이 37.2 g으로 무거운 편이었고, 4매봉과 3매봉 순이었다. 종자수와 당도는 소비매수별로 차이가 없었다. 1회 수확을 기준으로 10a 당 생산물의 경제성을 조사하여 본 결과, 4매봉과 5매봉의 조수입이 3매봉의 조수입에 비하여 각각 9%와 13% 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 825 m²의 면적의 시설딸기(설향)에서는 소비매수가 4매(8,800마리) 이상을 방사하였을 때 화분매개활동과 생산물 경제성에서 좋은 결과를 보였다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ00680102011)의 지원에 의해 이루어졌습니다. 이에 감사를 드립니다.

References

Ahn SB, Kim IS, Cho WS, Choi KM (1989) Survey on the present situation of honeybee use as the pollinator in the plastic house of strawberry cultivation area by the questionnaires. Korean J Apiculture 4(1), pp. 18.

Ahn SB, Lee SH, Choi KM, Cho WS, Woo KS (1994) Optimum population size of honeybee for strawberry pollination in the vinyl house. Korean J Apiculture 9(2), pp. 113~116.

Bagnara D, Vincent C (1988) The role of insect pollination and plant genotype in strawberry fruit set and fertility. J Hort Sci 63, 69-75.

Chagnon MJ, Gingras D, de Oliveira (1993) Complementary

- aspects of strawberry pollination by honey and indigenous bees (Hymenoptera). *J Econ Entomol* **86**, 416~420.
- Conno LJ (1970) Studies of strawberry pollination in Michigan. Report of the 9th Pollination Conference 157~162.
- Free JB (1968a) The pollinating of strawberry by honeybees. *J Hort Sci* **43**, 107~111.
- Free JB (1968b) The foraging behaviour of honeybees (*Apis mellifera*) and bumblebees (*Bombus* spp.) on blackcurrent (*Ribes nigrum*), raspberry (*Rubus idaeus*) and strawberry (*Fragaria × ananassa*) flowers. *J appl Ecol* **5**, 157~168.
- Free JB (1970) *Insect pollination of crops*. Academic Press. pp. 544.
- Gang SY (1996) The technical work of strawberry forcing culture. Korea press. pp. 166.
- Gawasado G, Agagi D (1971) The using method of honeybee as pollinator in strawberry cultivating house. *Agriculture and horticulture* **46**, 1049~1053.
- Graham JM (1993) The hive and the honey bee. pp. 13~24.
- Hughes HM (1961) Preliminary studies on the insect pollination of soft fruits. *Experimental Horticulture* **6**, 44.
- Inouae DJ, Inouae GH (1972) Management method of honeybee using in house. *Agriculture and horticulture* pp. 94~898.
- Katayama E (1987) Utilization of honeybees as pollination for strawberries in plastic greenhouse. *Honeybee Science* **8**, 147~150.
- Kitagawa S (1985) Pollination of strawberries in the greenhouse by honeybees. *Apimondia* **29**, 378~380.
- KOSIS Homepage (2013) Korean Statistical Information Service/ Agriculture, Forestry and Fishery/Agriculture/Survey of Agricultural Area/Fruit Vegetable/Strawberry. <http://www.kosis.kr>
- Kronenberg HG (1959) Poor fruit setting in strawberries. I. Causes of a poor fruit set in strawberries in general. *Euphytica* **8**, 47~57.
- Kronenberg HG, Braack JP, Zeilinga AE (1959) Poor fruit setting in strawberries. II. Mal-formed fruits in Jucunda. *Euphytica* **8**, 245~251.
- Lee MY (1999) Pollination effects of honeybees (*Apis 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. ChungNam University Ph. D. thesis. pp. 64~83.
- Lee MY, Mah YI, Chang YD, Kim TI, Park IK (1998) Effect of *Apis mellifera* on fruit production of strawberry cultivated in the vinyl-house. *Korean J Apiculture* **13**(1), 21~26.
- Lee SB, Yoon HJ, Park IG, Kim YS, Lee MY, Lee ML (2006) Comparison on the pollinating activities of bumblebee, *Bombus terrestris* L. and honeybee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) in the strawberry houses. *Korean J Apiculture* **21**(2), 125~130.
- Lee SB, Lee KY, Ha NG, Yoon HJ, Park IG, Hwang SJ, Gang HS (2007) The status of the pollinator uses on major economical crops in Korea. *Korean J Apiculture* **22**(1), 79~86.
- Lee SB, Ha NG, Lee KY, Yoon HJ, Park IG, Gang HS, Hwang SJ, Lee MY, Choi K (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 houses. *Korean J Apiculture* **23**(2), 73~81.
- McGregor SE (1976) *Insect pollination of cultivated crop plants*. Agr Res Serv. Unites States Dep. of Agric., Handb. No. 496.
- Moore JN (1969) *Insect pollination of strawberries*. *J Amer Soc Hort Sci* **94**, 362~364.
- NSSES Homepage (2013) Nonsan strawberry experiment station/ Nonsan strawberry history. <http://strawberry.cnonn.gup.net>
- Nye WP, Anderson JL (1974) Insect pollinators frequenting strawberry blossoms and the effect of honey bees on yield and fruit quality. *J Amer Soc Hort Sci* **99**, 40~44.
- Parker RL (1926) The collection and utilization of pollen by the honeybee. *Mem cornell agric Exp Stn*. No. 98.
- Petkov V (1965) Contribution of honeybees to the pollination of strawberries. *Gradinar lozar nauk* **2**, 421~431.
- Petkov V, T Simidchiev (1965) The role played by bees in the pollination of lucerne. *XX Int Beekeep Congr* (II/3).
- Pion S, de Oliveira D, Paradis RO (1980) Agents pollinisateur et productivite du fraisier "Redcoat", *Fragaria × ananassa* Duch. *Phytoprotection* **61**, 72~78.
- Rashad SED (1957) Some factors affecting pollen collection by honeybee and pollen as a limiting factor in brood rearing and honey production. Ph.D. Thesis, Kansas St. Univ.
- RDA(Rural Development Administration) Homepage (2013) Technology Information/Total agricultural Technology Information/Crop Technology Information/Fruit vegetable/Strawberry. <http://www.rda.go.kr>
- Sasaki M (1984) Comparison aspects of the honeybees as pollinators and a proposal of large scale use of the revived bee-collected pollen after long storage. *Honeybee Science* **5**, 55~62.
- Sakai T, Matsuka M (1988) Bee-pollination in Japan, with special reference to strawberry production. *Honeybee Science* **9**, 97~101.
- Seo DK, Lee SB, Lee SY, Park SH, Kim DS, Kim WT, Park KH, Choi YC (2011) An economic analysis of pollinator's activities on the production of major fruit trees in Korea.
- Shaw FR, Savos M, Shaw WM (1954) Some observation on the collecting habits of bees. *American Bee J* **94**, pp. 422.
- Shimotori K (1981) Honeybees and strawberry industry in Tochigi. *Honeybee Science* **2**, 57~60.
- Svensson B (1991) The importance of honeybee-pollination for quality and quantity of strawberries (*Fragaria × ananassa*) in Central Sweden. *Acta Horticulturae* pp. 260~264.
- Tsujikawa Y (1981) Honeybees in greenhouses, their effects on strawberries and a problem of UV-cut firm house. *Honeybee Science* **2**(2), 49~56.
- Yoon HJ, Lee KY, Kim MA, Park IG, Choi YC (2011) Current status of insect pollinator use in strawberry crop in Korea. *Korean J Apiculture* **26**(2), 143~155.