

국내 채소 및 과수 재배 시 화분매개곤충 이용현황

윤형주* · 이경용 · 이희삼 · 이만영 · 최용수 · 이명렬 · 김기형¹

농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부, ¹농촌지원국

Survey of Insect Pollinators Use for Horticultural Crops in Korea, 2016

Hyung Joo Yoon*, Kyeong Yong Lee, Hee Sam Lee, Man Young Lee, Yong Soo Choi, Myeong Lyeol Lee and Gi Hyoung Kim¹

Department of Agricultural Biology, The National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

¹R&D Extension Division, Extension Service Bureau, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

(Received 12 September 2017; Revised 20 September 2017; Accepted 20 September 2017)

Abstract

We have surveyed the current status of insect pollinators use for horticultural crops in 2016. The use rate and farm number of insect pollinators for 26 horticultural crops were 25.8% and 55,208, respectively. The colony number of insect pollinators used in this survey was 479,777, which include 344,690 for honeybees, 119,104 for bumblebees, 12,051 for mason bees, 1,317 for flies, and 2,415 for the combination of bumblebees, honeybees, and mason bees. The use rate of insect pollinators was 59.4% for 11 vegetable crops, such as onion (100%), strawberry (99.9%), oriental melon (93.8%), melon (82.8%), water melon (64.8%), tomato (63.6%), pepper (31.8%), paprika (5.9%), zucchini (1.6%), bitter melon (1.2%), and cucumber (0.2%). The colony number of insect pollinators used for 11 vegetable crops was 449,287, which include honeybees (72.3%), bumblebees (25.1%), flies (0.2%), and the combination (2.4%) of bumblebees and honeybees. The use rate of insect pollinators was 9.0% for 15 fruit tree crops, such as mango (100%), raspberry (24.0%), apple (18.3%), persimmon (14.0%), passion fruit (5.5%), boxthorn (4.5%), blueberry (3.8%), Korean raspberry (3.1%), pear (2.7%), cherry (2.2%), pomegranate (1.0%), plum (0.4%), peach (0.2%), kiwi (0.2%), and jujube (0.02%). The colony number of insect pollinators used for 15 fruit tree crops was 30,290, which include honeybees (66.3%), bumblebees (20.2%), mason bees (8.0%), flies (1.6%), and the combination (3.9%) of bumblebees, honeybees, and mason bees. Together, farms of 97.8% showed positive effect for the use of insect pollinators and most of farms (97.0%) planned for the continuous use of insect pollinators.

Key words: Insect pollinator, Bumblebee, Honeybee, Mason bee, Horticultural crops, Vegetable crops, Fruit tree crops

*Corresponding author. E-mail: yoonhj1023@korea.kr

서 론

화분매개곤충이란 꽃가루를 매개해서 농작물의 결실에 도움을 주는 유용한 곤충류를 말하며, 자연생태계에서 식물의 꽃과 함께 오랜 세월을 거쳐 공진화해왔다(Kearns *et al.*, 1998; Shimizu *et al.*, 2014). 화분매개곤충의 경제적 가치 측면에서 보면 지구 생태계에서 200,000종 이상의 현화식물 중 절반 이상이 화분매개가 필요하며(Nabhan and Buchmann, 1997), 인간이 소비하는 124개의 경제작물의 70%가 화분매개가 필요하다고 보고하였다(Klein *et al.*, 2007). 전 세계 400개 이상의 작물 중 130개 이상의 작물이 화분매개곤충으로 벌(Bees)을 필요로 한다고 보고하였다(James and Pitts-Singer, 2008). 화분매개자 중 벌은 자연식생 뿐만 아니라 과일, 채소, 종자식물, 유료작물, 노지화초와 주요 사료작물 등을 포함한 농작물의 수분에 매우 중요한 역할을 한다(Morandin and Winston, 2005; Greenleaf and Kremen, 2006; Winfree *et al.*, 2007). 상업적으로 관리하는 벌들도 수분작용 서비스에 이용될 뿐만 아니라 대규모의 상업용 경작지, 소규모 정원, 그리고 유리온실과 비닐하우스와 같은 곳에서 사용하고 있다(Free, 1993; Dag and Kammer, 2001).

하지만 최근 화분매개곤충 서식지 감소와 환경 및 기후변화에 따라 화분매개곤충의 다양성과 수가 점차 감소하고 있는 것으로 나타났다(Batra, 1995; Goulson *et al.*, 2008; Williams and Osborne, 2009; Rao and Stephen, 2010). Gallai *et al.*(2009)은 전 세계 인간의 식용으로 사용하는 100개 작물에 대한 화분매개곤충이 갖는 수분의 경제적 가치는 1,530억 유로에 달한다고 발표했다. 이는 2005년 세계 식용농작물 생산총액의 9.5%에 해당하는 규모이며, 화분매개곤충들이 사라지면 농업분야에서 1,900억~3,100억 유로의 손실이 발생할 것으로 추산하였다. 특히 과일과 채소의 손실액은 500억 유로, 식용기름 생산작물은 390억 유로의 손실이 발생할 것으로 예상했다. 2016년 생물다양성 과학기구(IPBES)는 전세계 작물의 75%가 부분적으로 수분매개체에 의존하고 있고 5~8%(연 2350~5770억 불)의 생산은 수분매개체 기여에 직접 관련되어

있으며, 작물생산 뿐 아니라 바이오연료(팜오일 등), 섬유, 의약, 가축 사료, 건축 자재 등 생산에도 기여한다고 발표하였다. 또한 지난 50여 년간 수분매개체를 이용한 작물 생산은 약 300% 증가하였지만 전 세계 16% 척추동물계 수분매개체가 멸종위기에 직면하였고, 유럽에서는 벌과 나비의 9%가 개체수 멸종 위기에 처했으며, 벌 37%, 나비의 31% 종의 개체수가 감소하였다고 보고하였다(IPBES, 2016). 우리나라도 자연적인 수분을 기대할 수 없는 시설재배 면적의 증가와 현재의 야생 화분매개곤충의 수로는 만족할 만한 효과를 기대할 수 없는 일부 야외 과수 생산지에서 화분매개곤충의 부족으로 어려움을 겪고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 친환경적으로 작물의 결실률 및 품질 향상을 위해 사용하고 있는 화분매개곤충을 대상으로 2016년 채소 및 과수 작목에서 화분매개곤충 이용작목, 사용면적, 농가수 및 사용량 등 기본적인 현황과 화분매개곤충 사용기간, 이용효과, 이용방법, 화분매개곤충을 사용한 후 이점, 문제점 및 향후 화분매개곤충 이용 의향 등을 조사하였다. 이 조사를 통해 화분매개곤충의 이용현황과 발전방향의 자료로 활용할 뿐만 아니라 금후 화분매개곤충 확대보급을 위한 기초자료를 얻고자 본 조사를 수행하였다.

재료 및 방법

26개 작목의 재배면적 조사

작목별 재배면적조사는 통계청, 국가통계포털 내, 2015년 농작물생산통계(수박, 토마토, 딸기, 참외, 고추, 호박, 오이, 멜론, 파프리카 등 9개 채소와 사과, 복숭아, 배, 감, 자두, 블루베리 등 6개 과수), 2016년 농림축산식품부 농업경영체 등록정보(여주, 복분자, 참다래, 석류, 산딸기, 체리, 구기자, 망고, 패션프루트 등 9개 작물), 2016년 산림과학원 자료(대추), 해남군 및 영광군 농업기술센터 자료(채종용 양파) 등에서 11개 채소와 15개 과수의 재배면적을 조사하였다.

시군센터 채소 및 과수 담당자 등을 대상으로 조사한 화분매개곤충 사용현황

화분매개곤충 사용현황 실태조사는 2017년 1월 5일부터 2017년 5월 30일까지 전국 8개도, 1개의 특별자치도, 8개 특·광역시에는 있는 156개 농업기술센터의 채소, 과수 담당자 및 화분매개곤충 생산업체를 대상으로 조사하였다. 조사방법은 공문 등 매체를 이용하거나 대인면접법으로 설문조사하였고, 조사내용은 2016년도 화분매개곤충 이용 작목, 화분매개곤충별 사용면적, 농가수 및 사용량 등을 조사하였다. 화분매개곤충별 사용량의 경우, 빨가위벌류는 500개 고치를 1통(봉군)으로 계산하였다. 파리류는 채종용 양파에 사용하는 경우에는 300백만 마리/봉군/660m² (돼지고기 300백만 마리/600kg, 5천 마리/kg)으로, 망고에서는 80만 마리/봉군/660m²(광어 300백만 마리/160kg, 5천 마리/kg)으로 산출하였다.

화분매개곤충 사용농가를 대상으로 조사한 화분매개곤충 농가이용 현황

전국 화분매개곤충 사용농가를 대상으로 2017년 1월 5일부터 5월 30일까지 화분매개곤충 농가이용 실태를 조사하였다. 조사방법은 대인면접법으로 설문조사하였고, 조사내용은 2016년 화분매개곤충 사용기간, 이용효과, 이용방법, 구입가격, 사용 전 화분매개곤충에 대한 교육여부, 화분매개곤충을 사용한 후 이점, 문제점 및 향후 화분매개곤충 이용 의향 등이었다.

통계분석

설문조사에 대한 통계분석은 One-way ANOVA (welch) test, T-test, 빈도분석(Frequencies Analyze) 및 다중응답분석(Multiple response analyze)을 사용하였다. 모든 통계분석은 SPSS PASW 22.0 for windows 통계 패키지(IBM, USA)를 사용하였다. One-way ANOVA (welch) test와 T-test는 화분매개곤충 종류별 평균 사용봉군수 등에 사용하였다. 빈도분석은 화분매개곤충 사용기간, 이용방법, 교육, 관리 등 화분매개곤충 농

가이용현황 및 향후 사용의향 등에 사용하였다. 다중응답분석은 화분매개곤충 사용 시 이점과 문제점에 이용하였다.

결과 및 고찰

채소, 과수 담당자 및 화분매개곤충 생산업체를 대상으로 조사한 화분매개곤충 사용현황

채소에서 화분매개곤충별 사육면적, 사용농가수 및 사용봉군수

156개 시·군 농업기술센터의 채소 담당자 및 화분매개곤충 생산업체를 대상으로 2016년도 화분매개곤충 이용현황 실태를 조사한 결과, 수박, 딸기, 참외, 토마토, 고추, 멜론, 채종용 양파, 호박, 오이, 여주 등 11개 채소작목에서 화분매개곤충을 사용하는 것으로 나타났다(Table 1). 10개 채소작목을 사용한 2011년도(Yoon *et al.*, 2013)와 비교해보면, 아열대작목인 여주와 채종용 양파에서 화분매개곤충을 사용하는 것으로 조사되었다. 11개 채소의 총 재배면적은 45,194.0ha로 조사되었으며, 수박이 12,572ha로 가장 넓었다(Statistics Korea, 2015). 화분매개곤충 사용면적 역시 수박이 8,152.5ha로 가장 많았으며, 그 다음으로는 딸기 6,299.0ha, 참외 4,975.8ha, 토마토 4,436.4ha 순으로 조사되었다. 2016년도 11개 채소작목의 화분매개곤충 사용면적은 26,851.9ha로 나타났으며, 2011년(21,138.1ha)보다 1.3배 증가하였다(Table 1). 11개 채소의 평균 화분매개곤충 사용면적률은 59.4%로, 2011년 대비 11% 증가된 것으로 조사되었다. 채종용 양파에 파리류를 100% 사용되는 것을 제외하고, 딸기가 99.9%로 가장 많았으며, 그다음은 참외 93.8%, 멜론 82.8%, 수박 64.8%, 토마토 63.6% 순으로 나타났다(Table 1).

11개 채소에서 사용한 화분매개곤충은 꿀벌, 뒤영벌, 꿀벌과 뒤영벌의 혼합사용 및 파리류 등 4종류로 조사되었다(Table 1). 화분매개곤충의 총 사용면적은 26,851.9ha로 꿀벌이 20,514.1ha(76.4%)로 가장 많았으며, 뒤영벌이 5,383.2ha(20.0%), 꿀벌과 뒤영벌의 혼합이 899.6ha(3.4%), 그리고 파리류가 55.0ha(0.2%)를 차

Table 1. Cultural area and rate of insect pollinators use for 11 vegetable crops in 2016

Vegetable crops	Cultural area (ha)	Area of insect pollinators use (ha)					Area rate of insect pollinators use (%)	
		Total	Honeybees	Bumblebees	Honeybee & Bumblebees	Flies	2016	2011
Water melon	12,572	8,152.5	8,151.5	1.0	0.0	0.0	64.8	45.8
Tomato	6,976	4,436.4	1.7	4,434.7	0.0	0.0	63.6	40.4
Strawberry	6,306	6,299.0	5,561.8	291.8	445.4	0.0	99.9	99.9
Oriental melon	5,305	4,975.8	4,970.9	0.0	4.9	0.0	93.8	81.2
Pepper	4,878	1,550.8	635.5	465.9	449.4	0.0	31.8	35.4
Zucchini	3,396	52.8	23.1	29.7	0.0	0.0	1.6	5.3
Cucumber	3,338	7.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.2	0.0
Melon	1,546	1,279.5	1,168.1	111.4	0.0	0.0	82.8	38.4
Paprika	707	41.7	0.0	41.7	0.0	0.0	5.9	15.2
Bitter melon	115	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	1.2	-
Onion (seed)	55	55.0	0.0	0.0	0.0	55.0	100.0	-
Total	45,194	26,851.9 (100%)	20,514.1 (76.4%)	5,383.2 (20.0%)	899.6 (3.4%)	55.0 (0.2%)	59.4	48.4

Table 2. The farm number of insect pollinators use for 11 vegetable crops in 2016

Vegetable crops	Farm numbers of insect pollinators use				
	Total	Honeybees	Bumblebees	Honeybee & Bumblebees	Flies
Water melon	11,076	11,065	11	0	0
Tomato	8,154	5	8,149	0	0
Strawberry	14,851	12,928	693	1,230	0
Oriental melon	6,285	6,276	0	9	0
Pepper	3,274	1,221	1,056	997	0
Zucchini	114	80	34	0	0
Cucumber	25	0	25	0	0
Melon	2,308	2,020	288	0	0
Paprika	40	0	40	0	0
Bitter melon	15	15	0	0	0
Onion (seed)	52	0	0	0	55
Total	46,194 (100%)	33,610 (72.8%)	10,296 (22.3%)	2,236 (4.8%)	55 (0.1%)

지하였다. 뒤영벌의 사용면적은 2011년(3,009.0ha) 대비 1.8배나 증가를 보였다. 화분매개곤충 중 꿀벌은 수박 39.7%, 딸기 27.1%, 참외 24.2%, 멜론 5.7%, 고추 3.1% 순으로 사용되었다. 오이와 파프리카에서는 꿀벌을 전혀 사용하지 않는 것으로 나타났다(Table 1). 뒤영벌의 경우, 토마토 1작목에서만 82.4%(4,434.7ha)를 사용하였고, 고추 8.7%, 딸기 5.4%, 멜론 2.1% 순으로 이용되었다. 토마토의 경우, 2011년도 뒤영벌의 사용율이 40.4%이었던 반면, 2016년도에는 63.6%로 23.2%나 사용량이 증가된 것을 알 수 있었다(Yoon *et*

al., 2013). 꿀벌과 뒤영벌을 혼합사용하는 채소작물로는 고추 50.0%, 딸기 49.5%(445.4ha)가 전체의 99.5%를 차지하였으며, 참외에서는 5.0%를 사용되는 것으로 조사되었다. 파리류는 단지 채종용 양파에서만 100% 사용되었다(Table 1).

Table 2에서 보는바와 같이 11개 채소작목에서 화분매개곤충을 사용한 총 농가수는 46,194농가로 2011년(41,916농가) 대비 4,278농가가 늘어난 것으로 조사되었다(Yoon *et al.*, 2013). 화분매개곤충 종류별 사용농가수는 꿀벌 33,610농가(72.8%), 뒤영벌 10,296농가

Table 3. The colony numbers of insect pollinators for 11 vegetable crops in 2016

Vegetable crops	Colony numbers of insect pollinators				
	Total	Honeybees	Bumblebees	Honeybee & Bumblebees	Flies
Water melon	167,815	167,791	24	0	0
Tomato	100,769	77	100,692	0	0
Strawberry	93,634	81,519	5,816	6,299	0
Oriental melon	54,750	54,673	0	77	0
Pepper	15,957	6,802	4,658	4,497	0
Zucchini	526	393	133	0	0
Cucumber	168	0	168	0	0
Melon	14,590	13,332	1,258	0	0
Paprika	225	0	225	0	0
Bitter melon	20	20	0	0	0
Onion (seed)	833	0	0	0	833
Total	449,287 (100%)	324,607 (72.2%)	112,974 (25.1%)	10,873 (2.4%)	833 (0.2%)

(22.3%), 꿀벌과 뒤영벌을 혼합해서 사용 2,236농가 (4.8%) 그리고 파리류도 55농가로 0.1%를 차지하였다. 꿀벌에서는 딸기(38.5%), 수박(33.0%) 및 참외 (18.7%)가 전체의 90.2%를 차지하였다. 2011년 대비 꿀벌을 사용하는 딸기 농가수(14,922농가)는 줄었으나 수박(9,017농가), 참외(6,173농가)를 사용하는 농가 수는 증가한 것으로 나타났다. 뒤영벌은 토마토 1작목에서 79.1%인 8,149농가이었고, 고추 10.3%(1,056농가), 딸기 6.7%(693농가) 순이었다. 꿀벌과 뒤영벌의 혼합사용은 딸기 55.0%(1,230농가), 고추 44.6%(997농가)로 2작목에서만 99.6%를 차지하였다. 파리류는 채종용 양파에서 100%(55농가) 이용하는 것으로 조사되었다(Table 2).

11개 채소에서 사용한 총 화분매개곤충 봉군수는 449,287봉군으로 나타났으며(Table 3), 이는 2011년 (306,856봉군) 대비 1.5배(142,431봉군) 증가한 것으로 확인되었다(Yoon *et al.*, 2013). 화분매개곤충 종류별 사용봉군수는 꿀벌이 324,607봉군으로 4종류의 화분매개곤충 중에 72.3%를 차지하였다. 뒤영벌은 25.1%(112,974봉군), 꿀벌과 뒤영벌의 혼합사용 2.4%(10,873봉군), 파리류도 0.2%(833봉군)으로 조사되었다. 뒤영벌은 2011년(52,684봉군) 대비 2.1배나 증가하여 사용량이 가장 많이 늘어난 화분매개곤충으로 조사되었다. 꿀벌은 오이, 파프리카, 채종용 양파

를 제외한 7개 작목에서 사용하였다. 수박 51.7%, 딸기 25.1%, 참외 16.8% 및 멜론 4.1%로 4개 작목에서 97.7%를 사용하는 것으로 나타났다. 아열대 작물인 여주에서는 20봉군인 0.6%를 사용하는 것으로 조사되었다(Table 3). 뒤영벌은 참외, 여주, 채종용 양파를 제외한 7개 작목에서 사용하였고, 토마토에서 89.1%, 딸기 5.1%, 고추 4.1%, 멜론 1.1% 등에 사용하였다. 특이한 점은 2011년도에 비해 딸기에서 뒤영벌 사용량이 10배 이상 증가하였는데 이는 3월 이후 꿀벌이 딸기작목의 화분매개에 사용하는 것보다 수익이 높은 꿀 수확에 이용하기 때문에 꿀벌의 공급이 원활하지 못한 점에 기인한 것으로 생각된다. 꿀벌과 뒤영벌을 혼합해서 사용한 경우도 2.4%를 차지하였으며, 대부분 딸기(57.9%)와 고추(41.4%)에서 사용하였다(Table 3). 2011년과 비교해보면 고추에서 혼합사용율은 1.4배 감소한 반면 딸기에서는 16.6배나 급격하게 증가하였다. 또한 수박과 토마토의 경우, 수박에서는 뒤영벌 사용량, 토마토에서는 꿀벌 사용량이 줄어든 것으로 조사되었다. 이와 같은 결과로 볼 때, 수박과 토마토에서는 작물에 맞는 화분매개곤충을 사용하고 있는 것으로 생각된다. 연두금파리를 포함한 파리류는 0.2%(833봉군)으로 단지 채종용 양파에만 사용하는 것으로 조사되었다(Table 3).

11개 채소의 3,300m²당 화분매개곤충 종류별 평균

Table 4. Cultural area and rate of insect pollinators use for 15 fruit tree crops in 2016

Fruit tree crops	Cultural area (ha)	Area of insect pollinators use (ha)						Area rate of insect pollinators use (%)	
		Total	Honey-bees	Bumble-bees	Mason-bee	Honeybee, Bumblebees & Mason-bee	Flies	2016	2011
Apple	31,620.0	5773.5	3,295.3	1,680.2	633.0	165.0	0.0	18.3	17.8
Peach	16,704.0	27.1	23.1	4.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.9
Pear	12,664.0	336.3	331.6	0.0	4.7	0.0	0.0	2.7	23.0
Persimmon	11,849.0	1,656.5	1,579.5	77.0	0.0	0.0	0.0	14.0	14.9
Plum	5,920.0	21.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.8
Blueberry	4,290.0	161.1	59.8	25.3	0.0	76.0	0.0	3.8	23.2
Jujube	2,700.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
Korean raspberry	2,193.0	69.0	69.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	9.1
Kiwi	1,502.4	3.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	-
Pomegranate	536.5	5.4	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	-
Raspberry	350.0	84.0	84.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	-
Cherry	336.0	7.5	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	-
Boxthorn	134.0	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	-
Mango	41.9	41.9	4.0	2.3	0.0	0.0	35.5	100.0	-
Passion fruit	10.9	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	-
Total	90,851.7	8,193.4 (100%)	5,490.3 (67.0%)	1,788.8 (21.8%)	637.7 (7.8%)	241.0 (2.9%)	35.5 (0.4%)	9.0	14.1

사용봉군수를 조사한 결과, Fig. 1에서 보는 바와 같이 3,300m²당 평균 꿀벌 사용봉군수는 14.2±3.4봉군, 뒤영벌은 15.3±8.4봉군을 사용하는 것으로 나타났다 (T-test: $t(14)=0.548$, $p=0.592$).

과수에서 화분매개곤충별 사육면적, 사용농가수 및 사용봉군수

과수작목에 대하여 2016년 화분매개곤충 이용현황 실태조사를 한 결과, 사과, 복숭아, 배, 감, 자두, 블루베리, 대추, 복분자, 참다래, 석류, 산딸기, 체리, 구기자, 망고, 패션프루트 등 15개 과수작목에서 화분매개곤충을 사용하는 것으로 나타났다(Table 4). 10개 과수작목을 사용한 2011년도(Yoon *et al.*, 2013)에 비해 아열대작목인 망고, 패션프루트 및 대추, 참다래, 산딸기, 구기자 등에 화분매개곤충을 사용하는 것으로 조사되었다. 15개 과수작목의 총 재배면적은 90,851.7ha로 조사되었으며, 사과가 31,620.0ha로 가장 많았고, 복숭아(16,704.0ha), 배(12,664.0ha) 순이었다(Statistics Korea, 2015). 화분매개곤충 사용면적 역시 사과가 5,773.5ha로 가장 많았으며, 그다음이 감 1,656.5ha, 배 336.3ha 순으로 나타났다. 2016년도 15개 과수작목의

화분매개곤충 사용면적은 8,193.4ha로 나타났으며, 2011년(12,130.3ha)보다 5개 작목이 증가됨에도 불구하고 32.5%(1.5배) 감소하였다.

2016년도 15개 과수의 화분매개곤충 사용면적은 8,193.4ha로 나타났으며 11개 채소의 화분매개곤충 사용면적(26,851.9ha)보다 약 3.3배나 적었다(Table 1 and Table 4). 15개 과수의 화분매개곤충 사용면적률은 재배면적이 다소 적은 망고(100%), 산딸기(24.0%)와 사과(18.3%), 감(14.0%) 이외에는 화분매개곤충 사용면적률이 10%이상인 작목은 없었다. 2016년 15개 과수작목에서의 평균 화분매개곤충 사용면적률은 9.0%로 2011년(14.1%) 대비 5.1%감소된 것으로 조사되었다(Table 4). 2011년도와 비교해 보면(Yoon *et al.*, 2013), 과수작목에서는 전반적으로 감소하는 경향을 보였으며, 특히 배는 2.7%로 20.3%, 블루베리는 3.8%로 19.4%나 감소한 것으로 나타났다. 따라서 과수작목의 경우, 화분매개곤충 사용작목은 다양화가 되었으나, 사용면적률은 감소된 것으로 조사되었다.

15개 과수에서 사용한 화분매개곤충은 꿀벌, 뒤영벌, 뿔가위벌류, 혼합사용(꿀벌, 뒤영벌 및 뿔가위벌류), 파리류 등 5종류로 채소에서는 사용되지 않은 뿔

Table 5. The farm number of insect pollinators for 15 fruit tree crops in 2016

Fruit tree crops	Farmer numbers of insect pollinators					
	Total	Honey-bees	Bumble-bees	Mason-bee	Honeybee, Bumblebees & Mason-bee	Flies
Apple	5,399	2,995	1,595	2,410	183	0
Peach	41	35	6	0	0	0
Pear	320	315	0	5	0	0
Persimmon	1,976	1,882	94	0	0	0
Plum	56	56	0	0	0	0
Blueberry	349	149	78	0	122	0
Jujube	5	5	0	0	0	0
Korean raspberry	300	300	0	0	0	0
Kiwi	5	5	0	0	0	0
Pomegranate	3	3	0	0	0	0
Raspberry	326	326	0	0	0	0
Cherry	15	15	0	0	0	0
Boxthorn	109	109	0	0	0	0
Mango	104	12	9	0	0	83
Passion fruit	6	6	0	0	0	0
Total	9,014 (100.0%)	6,213 (68.9%)	1,782 (19.8%)	631 (7.0%)	305 (3.4%)	83 (0.9%)

가위벌류가 1종이 더 많은 것으로 나타났다(Table 4). 화분매개곤충 종류별 총 사용면적은 8,193.4ha로 꿀벌이 5,490.3ha(67.0%)를 차지하였으며, 뒤영벌 1,788.8ha(21.8%), 빨가위벌류 637.7ha (7.8%), 혼합사용(꿀벌, 뒤영벌 및 빨가위벌류) 241.0ha(2.9%), 그리고 파리류 35.5ha (0.4%)이었다. 화분매개곤충 꿀벌은 사과에서 60.0%로 가장 많이 사용되었고, 감 28.8%, 배 6.0% 순으로 이용되는 것으로 나타났다. 뒤영벌은 대부분 사과(93.9%)에서 사용되었으며, 일부 단감, 블루베리, 복숭아와 망고에서도 이용되었다. 빨가위벌류는 사과에서 99.3%를 사용되었다. 꿀벌, 뒤영벌 및 빨가위벌류의 혼합사용 역시 사과에서 68.5%로 가장 많은 사용하였고, 블루베리에서도 31.5%나 사용하는 것으로 조사되었다. 파리류는 망고에서만 사용하는 것으로 나타났다.

15개 과수의 총 화분매개곤충 사용농가수는 9,014 농가로 11개 채소 농가수(46,194농가)보다 5.1배나 적었다(Table 2 and 5). 화분매개곤충 종류별 사용농가수는 꿀벌 6,213농가(68.9%), 뒤영벌 1,782농가(19.8%), 빨가위벌류 631농가(7.0%), 혼합사용(꿀벌, 뒤영벌 및 빨가위벌류) 305농가(3.4%) 그리고 검정빨파리를 포함한 파리류도 83농가로 0.9%를 차지하였다. 꿀벌의

경우, 사과(2,995농가)와 감(1,882농가) 농가가 전체의 78.4%를 차지하였다. 뒤영벌은 사과 1작목에서 89.5%인 1,595농가이었고, 감 94농가, 블루베리 78농가 순이었다. 빨가위벌류 역시 사과 1작목에서 99.2%인 626농가이었고, 배는 5농가뿐이었다. 꿀벌, 뒤영벌 및 빨가위벌류의 혼합사용의 경우에는 사과 183농가 (60.0%)와 블루베리 122농가(40.0%)만 이었다. 파리류는 망고에 83농가가 이용하는 것으로 나타났다(Table 5).

15개 과수작목에서 사용한 총 화분매개곤충 봉군수는 30,290봉군으로 2011년 대비 1.4배(10,721봉군) 감소하였다(Table 6). 이는 11개 채소(449,287봉군)보다 14.8배나 적게 사용하는 것으로 나타났다. 화분매개곤충 종류별 사용봉군수를 조사한 결과, 꿀벌이 20,083봉군으로 5종류의 화분매개곤충 중 66.3%를 차지하였다. 꿀벌의 경우, 대부분 사과 53.6%, 감 18.4%, 배 10.6%, 산딸기 7.0%로 4개 작목에서 90.0%를 사용하는 것으로 나타났다. 대추에서는 0.04%(8봉군)만 사용하는 것으로 조사되었다. 뒤영벌은 6,130봉군 (20.2%)으로 조사된 15개 과수작목 중 사과, 블루베리, 감, 복숭아, 망고 등 5개 작목에서만 사용되었다. 사과에서 5,266봉군인 85.9%로 가장 많이 사용하였

Table 6. The colony number of insect pollinators for 15 fruit tree crops in 2016

Fruit tree crops	Colony numbers of insect pollinators					
	Total	Honey-bees	Bumble-bees	Mason-bee	Honeybee, Bumblebees & Mason-bee	Flies
Apple	19,143	10,769	5,266	2,410	698	0
Peach	91	66	25	0	0	0
Pear	2,139	2,134	0	5	0	0
Persimmon	3,943	3,705	238	0	0	0
Plum	62	62	0	0	0	0
Blueberry	1,797	771	546	0	480	0
Jujube	8	8	0	0	0	0
Korean raspberry	696	696	0	0	0	0
Kiwi	50	50	0	0	0	0
Pomegranate	39	39	0	0	0	0
Raspberry	1,420	1,420	0	0	0	0
Cherry	30	30	0	0	0	0
Boxthorn	292	292	0	0	0	0
Mango	565	26	55	0	0	484
Passion fruit	15	15	0	0	0	0
Total	30,290 (100.0%)	20,083 (66.3%)	6,130 (20.2%)	2,415 (8.0%)	1,178 (3.9%)	484 (1.6%)

고, 블루베리 8.9%, 감 3.9% 순으로 사용하였다. 빨가위벌류 2,415봉군(8.0%)으로 15개 작목 중 사과와 배 2 작목에서만 사용되었는데 사과에서 99.8%를 사용하였다. 과수에서만 사용하는 빨가위벌류는 2011년도에 비해 7,346봉군(75.2%)이나 감소하였다. 이렇게 빨가위벌류의 사용봉군이 줄어든 이유는 자연서식처의 감소로 야외 증식 및 채집이 갈수록 어려워지게 때문인 것으로 판단된다. 꿀벌, 뒤영벌 및 빨가위벌류 혼합사용은 1,178봉군(3.9%)으로 사과 59.3%(698군), 블루베리 40.7%(480봉군)에서 사용되었다. 그리고 검정뺨파리를 포함한 파리류는 484봉군(1.6%)으로 단지 망고에서만 사용하는 것으로 나타내었다(Table 6).

15개 과수의 3,300m²당 화분매개곤충 종류별 평균 사용봉군수를 조사한 결과, Fig. 2에서 보는 바와 같이 3,300m²당 꿀벌의 평균 사용봉군수는 9.4±7.0봉군, 뒤영벌 11.5±8.8봉군, 빨가위벌류는 2.4±1.9봉군을 사용하는 것으로 조사되었다. 과수 특히 사과수분에 사용하는 빨가위벌류는 꿀벌과 뒤영벌보다 4.0~4.8배 적게 사용하는 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 없었다(Oneway-ANOVA test: F(2,18)=1.729, p=0.206).

이상의 결과를 종합하면, 2016년도 꿀벌, 뒤영벌, 빨가위벌류 및 파리류 등 화분매개곤충을 이용한 작목은 토마토를 비롯한 11가지 채소 및 사과를 비롯한 15가지 과수 등 총 26개 작목에서 화분매개곤충을 사용하는 것으로 나타났다. 2011년도 19개 작목에 비해 채소 1작목, 과수 6작목 등 총 6개 작목에 늘어났으며, 특히 참다래, 망고, 패션플루트, 여주 등 아열대 작목이 증가하였다. 또한 채종용 양파와 망고의 수분을 위해 파리류를 화분매개곤충으로 이용하는 것으로 조사되었다. 26개 작목에 대한 화분매개곤충 사용면적률은 25.8%로 2011년 대비 0.1%만 증가되었는데 이는 채소작목에서의 사용면적률은 증가하였으나, 과수작목에서는 2011년 대비 여주, 패션프루트 등 6개 작목이 늘어났기 때문인 것으로 판단된다. 화분매개곤충 사용농가수는 55,208농가였으며, 26개 작목의 총 화분매개곤충 사용봉군수는 479,577봉군으로, 꿀벌 344,690봉군, 뒤영벌 119,104봉군, 빨가위벌류 2,415봉군, 그리고 꿀벌, 뒤영벌, 빨가위벌류의 혼합사용이 2,415봉군, 파리류 1,317봉군이었다. 하지만 화분매개곤충 사용봉군수의 경우, 종자생산용 작물이나 소규모 작물 등 여기에서 조사되지 않은 작물에 대해서는

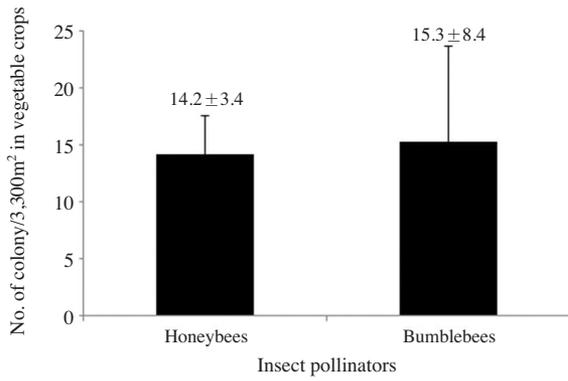


Fig. 1. The numbers of average colony of insect pollinators used per 3,300m² in vegetable crops, 2016. There was significant difference in the number of average colony between honeybees and bumblebees used per 3,300m² at T-test.

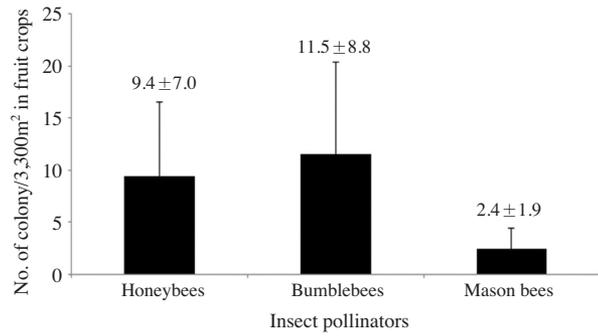


Fig. 2. The colony numbers of insect pollinators per 3,300m² for fruit tree crops in 2016. There was significant difference in the colony number of insect pollinators per 3,300m² at $p < 0.05$ using one-way ANOVA test.

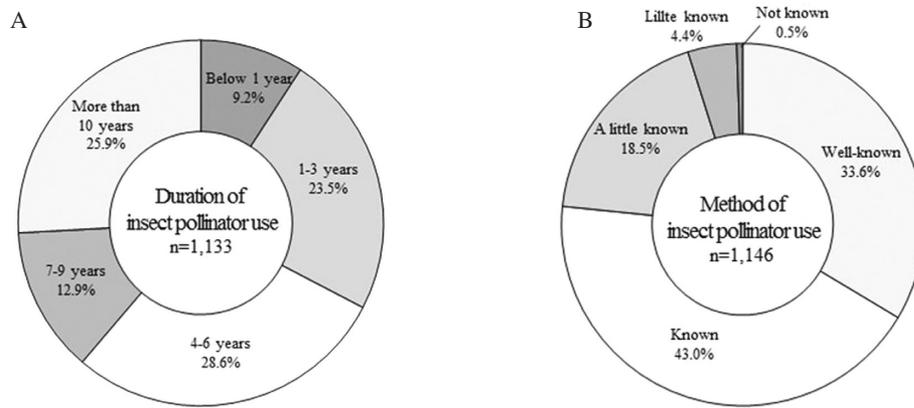


Fig. 3. Duration (A) and method (B) of insect pollinators use for 26 horticultural crops in 2016.

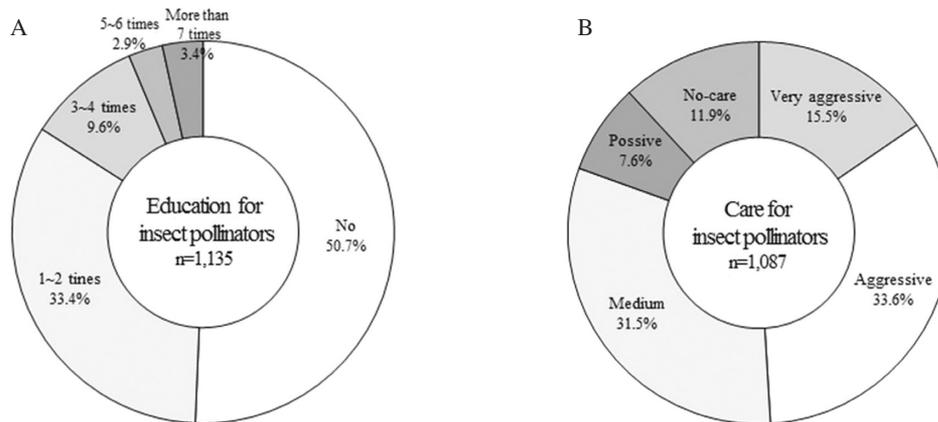


Fig. 4. Education (A) and care (B) for insect pollinators use.

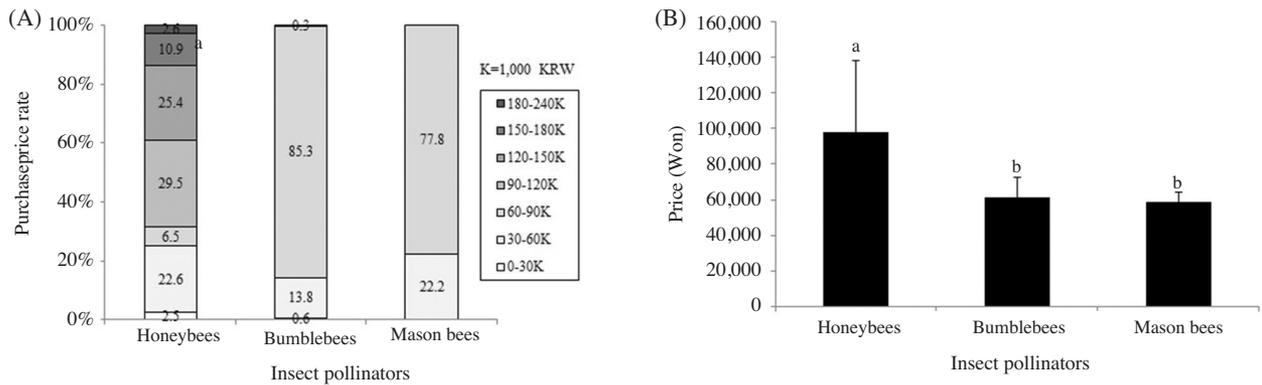


Fig. 5. Purchase price rate (A) and purchase price (B) of insect pollinators for 26 horticultural crops in 2016.

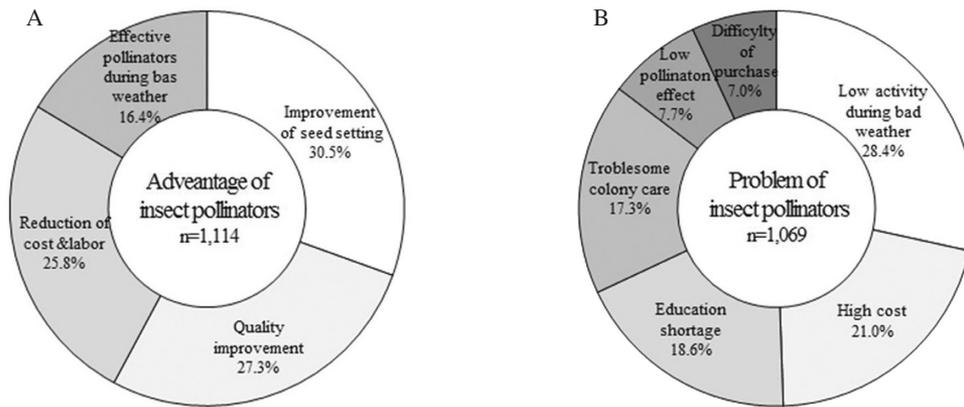


Fig. 6. Advantage (A) and problem (B) of insect pollinators use.

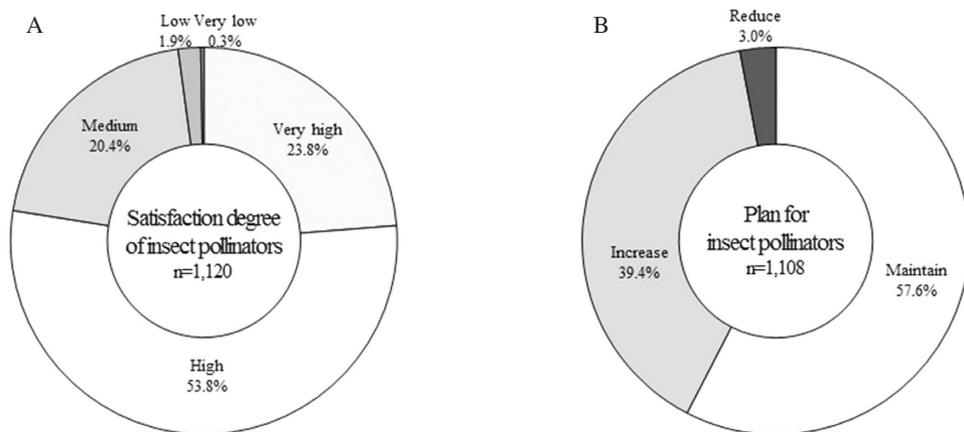


Fig. 7. Satisfaction degree (A) and plan (B) of insect pollinators use.

조사가 되지 않았기 때문에 화분매개곤충 사용봉군 수는 더 많을 것으로 판단된다.

화분매개곤충 사용농가를 대상으로 조사한 화분매개곤충 농가이용 현황

화분매개곤충 사용 기간, 방법, 교육, 관리 및 가격 화분매개곤충 사용농가 1,133명을 대상으로 화분매개곤충 사용기간을 조사한 결과(Fig. 3A), 10년 이상이 25.9%로 가장 길었고, 4~6년이 28.6%로 가장 많았으며, 1년 이하도 9.2%나 되었다. 화분매개곤충 평균기간은 5.7 ± 3.2 년으로 통계적 고도의 유의성이 있었다(Chi-square Test : $X^2=163.174$, $df=4$, $p=0.0001$). 1,146농가를 대상으로 화분매개곤충의 이용방법 여부를 조사한 결과를 Fig. 3B에 나타내었다. 조사대상 중 36.6%는 '잘 알고 있다'로 대답하였고, 43.0%가 '알고 있다', 18.5%는 '약간 알고 있다'고 대답하여 사용농가의 95.1%가 알고 있는 것으로 나타나 대체적으로 화분매개곤충 사용법을 알고 있는 것으로 생각되었다. 화분매개곤충 사용에 대한 교육여부를 1,037농가를 대상으로 조사한 결과(Fig. 4A), 전혀 교육경험이 없다가 50.7%로 가장 많았으며, 1~2회 교육을 받았다가 33.4%이었고 3~7회 이상은 15.9%로 단지 49.3%만이 화분매개곤충에 대한 교육경험이 있었다. 이에 50% 이상은 화분매개곤충 사용법에 대한 교육경험이 전혀 없는 것으로 나타나, 작물에서 화분매개곤충을 사용하기 위한 교육에 대한 지원관리가 필요하다고 생각된다.

화분매개곤충의 사용에 대한 관리여부를 조사한 결과(Fig. 4B), 적극적 33.6%, 보통 31.5%, 매우 적극적 15.5%로 대체적으로 화분매개곤충사용에 대한 관리가 제대로 이루어지고 있는 것으로 판단되었다. 사용농가를 대상으로 화분매개곤충의 구입가격을 조사한 결과(Fig. 5), 꿀벌은 9~15만원이 54.9%로 가장 많았다. 3~6만원이 22.6%나 조사되었는데, 이런 결과는 아마도 임대가격으로 추정된다. 18~24만원에 판매되는 것도 2.6%나 차지하였다. 화분매개용 꿀벌의 평균 구입가격은 $98,147 \pm 39,802$ 원이었다. 뒤영벌의 평균 구입가격은 $61,303 \pm 11,423$ 원으로, 6~9만원이 85.3%

3~6만원이 13.8%이었다. 빨가위벌류의 평균 구입가격은 $58,888 \pm 5,665$ 원으로 6~9만원이 77.8%로 가장 많았으며, 그 다음으로 3~6만원으로 22.2%를 차지하였다. 화분매개곤충별 가격은 꿀벌이 가장 비쌌고, 그 다음이 뒤영벌, 빨가위벌류 순이었다(welch's ANOVA test $F(2,24.185)=211.2721$, $p<0.0001$, (post-hoc analysis : tukey HSD)).

화분매개곤충 사용 시 효과 및 향후 사용계획

화분매개곤충 사용농가를 대상으로 품질 향상, 결실률 향상, 노동력 절감, 기상조건 불량 시 효과적인 수분 등 화분매개곤충을 이용할 경우의 이점을 우선순위로 조사한 결과(Fig. 6A), 수정률 향상(30.5%), 품질향상(27.3%), 비용 및 노동력 절감(25.8%), 기상조건 불량 시 효과적인 수분(16.4%)순으로 나타났다. 화분매개곤충 이용 시 문제점으로는 기상조건 불량 시 화분매개곤충의 활동부족이 28.4%로 가장 높았으며, 가격부담 21.0%, 교육부족 18.6%, 설치 및 관리의 번거로움 17.3% 순이었다(Fig. 6B). 1,120농가를 대상으로 화분매개곤충 사용시 만족도를 조사한 결과(Fig. 7A), '불만스럽다'고 한 비율은 2.2%에 불과해, 화분매개곤충 사용에 대해서 대체로 만족하는 것으로 나타났다. 앞으로 화분매개곤충을 사용할 의향 여부를 조사한 결과(Fig. 7B), 사용 확대 39.4%, 현행유지가 57.6%였으며, 축소하겠다는 의견은 3.0%만을 보여 화분매개곤충 사용에 대해서 상당히 긍정적인 반응을 나타내었다(Fig. 7B). 이러한 결과는 이미 보고한 채소 및 과수작목에서 화분매개 이용현황(Yoon *et al.*, 2011a; Yoon *et al.*, 2011b; Yoon *et al.*, 2012)과 유사한 경향을 보여주었다. 이에 작물별로 맞춤형 매뉴얼을 작성하고, 현장에서 바로 사용할 수 있는 현장 사용법 등 화분매개곤충별로 이용방법 및 봉군 관리법 등을 더 연구 개발한다면 화분매개곤충의 시장성은 더욱 더 확대될 것으로 생각된다.

적 요

2016년도 채소 및 과수 작물별 화분매개곤충 이용현황 실태를 조사한 결과, 화분매개곤충을 이용한 작

목은 11개 채소 및 15개 과수 등 총 26개 작목이었다. 26개 작목에 대한 화분매개곤충 사용률은 25.8%이었고, 화분매개곤충 사용농가수는 55,208농가였다. 26개 작목의 총 화분매개곤충 사용봉군수는 479,577봉군으로, 꿀벌 344,690봉군, 뒤영벌 119,104봉군, 빨가위벌류 12,051봉군, 파리류 1,317통봉군, 그리고 꿀벌, 뒤영벌, 빨가위벌류의 혼합사용이 2,415봉군이였다. 11개 채소의 평균 화분매개곤충 사용률은 59.4%로, 채종용 양파 100.0%, 딸기 99.9%, 참외 93.8%, 멜론 82.8%, 수박 64.8%, 토마토 63.6%, 고추 31.8%, 파프리카 5.9%, 호박 1.6%, 여주 1.2%, 오이 0.2%이였다. 11개 채소에서 화분매개곤충 사용봉군수는 449,287봉군으로 꿀벌 72.3%, 뒤영벌 25.1%, 파리류 0.2%, 그리고 꿀벌과 뒤영벌의 혼합사용이 2.4%를 차지하였다. 15개 과수의 평균 화분매개곤충 사용률은 9.0%로 망고 100.0%, 산딸기 24.0%, 사과 18.3%, 감 14.0%, 패션프루트 5.5%, 구기자 4.5%, 블루베리 3.8%, 복분자 3.1%, 배 2.7%, 체리 2.2%, 석류 1.0%, 자두 0.4%, 복숭아 0.2%, 참다래 0.2%, 대추 0.02%이였다. 15개 과수에서 화분매개곤충 사용봉군수는 30,290봉군으로 꿀벌 66.3%, 뒤영벌 20.2%, 빨가위벌류 8.0%, 파리류 1.6%, 그리고 꿀벌, 뒤영벌, 빨가위벌류의 혼합사용이 3.9%로 조사되었다. 화분매개곤충 사용농가의 97.8%가 화분매개곤충 사용에 만족하였고, 97.0%가 향후 화분매개곤충을 계속 사용하겠다고 답변하여 화분매개곤충 사용에 대해서 상당히 긍정적인 반응을 보였다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ0100510422017)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 화분매개곤충 이용현황 실태조사에 협조해주신 각 시군센터 담당자 및 관련 화분매개곤충 생산업체에 진심으로 감사의 말씀을 드립니다.

인용문헌

- Batra, S.W.T. 1995. Bee and pollination in our changing environment. *Apidologie* 26: 361-370.
- Dag, A. and Y. Kammer. 2001. Comparison between the effectiveness of honeybee (*Apis mellifera*) and bumblebee (*Bombus terrestris*) as pollinators of greenhouse sweet pepper (*Capsicum annuum*). *Am. Bee. J.* 141: 447-448.
- Free, J.B. 1993. *Insect pollination of crops*. 2nd ed., Academic Press, London.
- Gallai, N., J.M. Salles, J. Settle and B.E. Vaissière. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecol. Econ.* 68: 810-821.
- Goulson, D., G.C. Lye and B. Darvill. 2008. Decline and conservation of bumblebees. *Annu. Rev. Entomol.* 53: 191-208.
- Greenleaf, S. S. and C. Kremen. 2006. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biol. Conserv.* 133: 81-87.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (IPBES). 2016. Summary for policy makers of the assessment report of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services on pollinators, pollination and food production. IPBES. (deliverable 3 (a)) of the 2014-2018 work programme.
- James, R.J. and T.L. Pitts-Singer. 2008. *Bee pollination in agricultural ecosystems*. Oxford University Press, New York.
- Kearns, C.A., Inouye D.W., Waser N. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29: 83-112.
- Klein, A.M., B. Vassiere, J.H. Cane, L. Steffan-Dewenter, S.A. Cunningham, C. Kremen. T. Tscharnkle. 2007. Importance of crop pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. Royal. Soc. London. B.* 274: 303-313.
- Morandin, L.A. and M.L. Winston. 2005. Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecol. Appl.* 15: 871-881.
- Nabhan, G.P., Buchmann S.L. 1997. Services provided by pollinators. pages 133-150 in G. Daily, editor. *Nature's services*. Island Press, Washington, D.C.
- Rao, S. and W.P. Stephen. 2010. Abundance and diversity of native bumble bees associated with agricultural crops: The Willamette valley experience. *Psyche* volume 2010, Article ID 354072, 9 pages.
- Shimizu, A., Dohzono I, Nakaji M, Roff DA, Miller DG III, Osato S, Yajima T, Niitsu S, Utsug N, Sugawara T, Yoshimura J. 2014. Fine-tuned bee-flower coevolutionary state hidden within multiple pollination interactions. *Sci*

- Rep. 4: 3988.
- SPSS PASW[®] Statistics 22.0. 2013. PASW[®] Core System User's Guide, SPSS inc. USA.
- Statistics Korea. 2012. Crops production statistics, 2012/Fruit vegetable/Apple. <http://www.kostt.go.kr/portal/korea/kor.pi/index.action>.
- Willmer, P. H. and J.L. Osborne. 2009. Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. *Apidologie* 40: 367-387.
- Winfree, R., T. Griswold and C. Kremen. 2007. Effect of human disturbance on bee communities in a forested ecosystem. *Conserv. Biol.* 21: 213-223.
- Yoon, H.J., K.Y. Lee, M.I. Kim, I.G. Park and Y.C. Choi. 2011a. Current status of insect pollinators use in strawberry crop in Korea. *Korean J. Api.* 26: 143-155.
- Yoon, H.J., K.Y. Lee, M.I. Kim, I.G. Park and Y.C. Choi. 2011b. Current status of insect pollinators use in tomato crop in Korea. *Korean J. Apiculture* 26: 341-353.
- Yoon, H.J., K.Y. Lee, I.G. Park, M.I. Kim, Y.M. Kim and P.D. Kang. 2012a. Current status of insect pollinators use in apple orchards. *Korean J. Apiculture* 27: 105-116.
- Yoon, H.J., K.Y. Lee, I.G. Park., M.I. Kim, Y.M. Kim and P.D. Kang. 2013. Current Status of Insect Pollinators Use for Horticultural Crops in 2011. *Korean J. Apiculture* 28: 9-18.