

KREI

기후변화에 대응한 양봉업의 화분매개가치 측정 연구

이정민 · 김연중 · 김부영 · 박준홍



KREI

기후변화에 대응한 양봉업의 화분매개가치 측정 연구

이정민·김연중·김부영·박준홍



연구 담당

이정민 | 부연구위원 | 연구 총괄

김연중 | 명예선임연구위원 | 제1, 4장, 집필

김부영 | 전문연구원 | 제2, 3장 집필

박준홍 | 연구원 | 제1, 3장 집필

정책연구보고 P286

기후변화에 대응한 양봉업의 화분매개가치 측정 연구

등 록 | 제6-0007호(1979. 5. 25.)

발 행 | 2022. 12.

발 행 인 | 김홍상

발 행 처 | 한국농촌경제연구원

우) 58321 전라남도 나주시 빛가람로 601

대표전화 1833-5500

인 쇄 처 | 크리커뮤니케이션

I S B N | 979-11-6149-622-1 95520

※ 이 책에 실린 내용은 한국농촌경제연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.

※ 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있습니다.

무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.

온실가스 배출량 증가에 따른 이상기후가 최근 빈번하게 발생하면서 안정적인 식량공급의 중요성이 점차 강조되고 있다. 또한 도시화 진행과 농약사용 증가로 자연에 존재하던 화분매개곤충이 감소한 상황에서 꿀벌 집단실종 현상이 빈번히 발생하면서 양봉업의 화분매개가치를 재조명할 필요성이 제기되고 있다.

그동안 우리나라에서 양봉업의 가치는 양봉산물의 경제적 생산액에 국한되어 생각되었으며, 양봉업이 화분매개를 통해 환경과 농업생산, 자연환경에 미치는 역할과 가치에 관해서는 충분한 연구가 미흡하여 양봉업의 가치가 과소 평가되는 한계점이 있었다.

이러한 점을 극복하기 위해 화분매개의 다양한 가치를 측정하여 양봉업이 농업에서 가지는 위상을 재정립하고, 안정적인 식량공급을 위해서는 화분매개가 필수적임을 제시함으로써 양봉업과 농업의 연계성을 강조할 필요가 있다.

이 연구는 양봉업의 화분매개가치를 제시하고, 양봉업의 지속적인 발전을 위한 정책 개선 방향과 방안을 제시하고자 한다.

이 연구 수행에 도움을 주신 농림축산식품부와 농촌진흥청, 양봉농가 및 협회 관계자를 비롯해 농업인 등 여러분께 감사를 드린다. 이 연구가 우리나라 양봉업의 화분매개가치 측정과 양봉업의 지속적인 발전을 위한 유용한 기초자료로 활용되어 양봉업 성장의 주춧돌이 될 수 있기를 기대한다.

2022. 12.

한국농촌경제연구원장 김 홍 상

연구 목적

- 우리나라에서 양봉산업의 가치는 양봉산물의 생산액에 국한되어 평가되어 왔으며, 화분매개가치는 평가에서 누락되어 양봉산업의 가치가 대폭 축소 되는 결과가 발생함.
- 또한 양봉산업이 화분매개를 통해 환경과 농업생산, 자연환경에 미치는 역할과 가치에 대한 연구가 충분하지 않아 화분매개 부문 지원 정책 수립을 위한 토대 확보에 어려움이 있었음.
- 따라서 양봉산업의 화분매개가치를 측정함으로써 양봉산업의 가치를 재조명하고, 화분매개기능의 중요성을 강조할 필요가 있음. 이를 바탕으로 양봉산업이 농업 내에서 가지는 위상을 재정립하고, 양봉산업과 농업과의 지속적인 관계 구축을 위한 정책 수립에 필요한 기초자료를 제공하고자 함.

연구 방법

- 이 연구에서 화분매개곤충의 이용 현황과 국내외 정책 분석은 국내외 문헌조사, 통계자료 분석, 양봉 전문가 자문회의 및 일반인 설문조사를 활용하였으며, 화분매개가치에 대한 국민의식을 조사하였음.
- 또한 양봉산업(꿀벌과 뒤영벌)에서 창출되는 화분매개가치를 측정하기 위해 이를 소모성 직접사용가치, 비소모성 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치로 세분화하였음. 소모성 직접사용가치는 생산액을 이용한 화분매

개울 접근법, 비소모성 직접사용가치·간접사용가치·선택가치는 조건부 가치측정법을 이용하여 추정하였음.

연구 결과

- 설문 결과 국민들은 화분매개에 대해 가치 있다고 응답한 비율이 85.4~89.2%였으며, 미래에는 화분매개가치가 더 중요해질 것이라고 응답한 비율은 78.6~82.4%로 나타나 화분매개가치의 중요성에 대해 전반적인 공감대가 형성된 것으로 판단됨.
- 2020년 기준 꿀벌의 화분매개가치는 약 6조 6,001억 원으로 추정되었으며, 이는 기존 연구에서 추정한 5조 2,000억~5조 7,600억 원보다 크게 추정됨. 이는 화분매개의 사용가치가 추가(비소모성 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치)로 고려되었기 때문임. 이는 2020년 벌꿀 생산액 1,392억 원의 47.4배에 해당하는 값이며, 화분매개기능을 바탕으로 양봉산업의 중요성을 강조할 수 있는 근거로 활용될 수 있음.

정책 제언

- 화분매개에 대한 긍정적인 인식도와 추정된 가치를 바탕으로 양봉산업의 중요성에 대한 인식을 개선할 필요가 있음. 현재와 같이 양봉산업을 벌꿀 및 로열젤리 등의 양봉 생산물에 국한되는 산업으로 인식할 경우, 이는 양봉산업의 성장 한계점으로 작용할 가능성이 높음.

- 안정적인 화분매개용 꿀벌 사육기반 조성을 위해 환경 저항성이 강한 화분 매개용 꿀벌을 생산할 필요가 있음. 현재 꿀벌 기생충의 약제내성 사례가 보고되고 있으므로 농가에서는 적극적인 사육 시스템 개선을 통해 꿀벌의 저항력 향상을 위한 노력이 필요한 상황임.
- 화분매개용 꿀벌 및 뒤영벌 생산농가와 사용농가의 안정적인 조달 시스템을 구축할 필요가 있음. 현재 지역적 수급 불균형이 발생하는 사례가 있으므로 전국 단위 네트워크 구성을 갖추어야 함. 현재 조달 시스템 구성 계획이 수립되었으므로 일본 사례를 벤치마킹하여 실효성을 높일 필요가 있음.
- 소비자 설문 결과 곤충으로 수분된 농산물에 대한 선호도가 높게 나타난 점에서 볼 때, 시설원에 농가는 자신의 농산물이 꿀벌 수분으로 생산되었음을 홍보에 이용하는 방안을 고려할 필요가 있음.
- 적극적인 홍보를 통해 양봉산물 생산액에 국한되어 있는 양봉산업의 가치를 제고할 필요가 있음. 해외 선진국은 꿀벌의 화분매개가치를 환경보호 및 생태계 유지 서비스로 인식하면서 양봉산업의 가치 증진의 근거로 활용하고 있음. 따라서 화분매개가치에 대한 적극적인 홍보로 양봉산업의 중요성을 강조할 필요가 있음.

Measuring the Pollination Value of the Beekeeping Industry in Response to Climate Change

Purpose of Research

- In Korea, the value of the beekeeping industry has been assessed solely on the basis of the production value of beekeeping products. The pollination value has been excluded from the assessment, which has greatly decreased the value of the industry.
- Also, it has been difficult to secure the foundation for formulating policies for supporting the pollination sector due to insufficient research on the roles and value of the beekeeping industry through pollination in the environment and agricultural production.
- Therefore, it is needed to highlight the value of the industry and emphasize the importance of its pollination function by measuring its pollination value. Based on the measurement, this study aims to reestablish the status of the beekeeping industry in agriculture, and to provide preliminary data necessary to shape policies for building a continual relationship between the industry and agriculture.

Research Methods

- The study reviewed domestic and foreign literature, analyzed statistical data, and utilized beekeeping experts' advisory meetings and a public survey to analyze the current status of the use of pollinating insects and related policies at home and abroad, and investigated public opinion on the value of pollination.
- To measure the pollination value created by the beekeeping industry (honeybees and bumblebees), the study divided the value as follows: consumptive direct use value; non-consumptive direct use value; indirect use value; and option value. We estimated consumptive direct use value through the pollination rate approach using the value of production; and non-consumptive direct use value, indirect use value, and option value through the contingent valuation method.

Research Results

- According to our survey results, 85.4-89.2% of people recognized the value of pollination, and 78.6-82.4% of people responded that it would become more important in the future. This shows that public consensus has been formed on the significance of the value of pollination.
- The pollination value of honeybees in 2020 was estimated to be

approximately 6 trillion 600.1 billion won, a higher figure than previous studies' estimates, 5 trillion 200 billion to 5 trillion 760 billion won. This resulted from additionally considering the use value of pollination (non-consumptive direct use value, indirect use value, and option value). Our estimate is 47.4 times the honey production value in 2020 (139.2 billion won), and can be used as grounds for stressing the importance of the beekeeping industry based on its pollination function.

Policy Suggestions

- It is necessary to raise awareness of the significance of the beekeeping industry on the basis of the positive perception of pollination and the estimated value. If people's present perception that the industry is limited to the production of honey, royal jelly, etc. continues, it is likely to limit the growth of the industry.
- To secure the foundation for stably keeping honeybees for pollination, it is needed to produce honeybees with strong environmental tolerance. As cases of drug resistance of parasites in honeybees are being reported, beekeepers should make efforts to enhance honeybees' tolerance by actively improving beekeeping systems.
- It is required to build a stable procurement system between farms that produce honeybees and bumblebees for pollination and farms that use

them. Since cases of regional supply and demand imbalances have occurred, a national network should be established. As a plan to build the procurement system has been formulated, it is necessary to increase its effectiveness by benchmarking Japan's case.

- According to the results of our consumer survey, respondents showed a strong preference for insect-pollinated agricultural products. This implies that greenhouse farms need to consider using the fact that their products are honeybee-pollinated in promotion.
- The value of the beekeeping industry, which is currently limited to the production value of beekeeping products, should be raised through active promotion. Developed countries have regarded honeybees' pollination value as environmental protection and ecosystem maintenance services, utilizing it as grounds for an increase in the value of the industry. Therefore, the government needs to emphasize the importance of the beekeeping industry through active promotion of its pollination value.

Researchers: Lee Jung Min, Kim Yean Jung, Kim boo young, Park Joon Hong

Research period: 2022. 5. ~ 2022. 12.

E-mail address: fantom99@krei.re.kr

제1장 서론

1. 연구의 필요성과 목적	3
2. 선행연구 검토	6
3. 연구 범위 및 방법	14

제2장 화분매개곤충 이용 현황

1. 화분매개곤충 종류 및 특징	21
2. 화분매개곤충 이용 현황	23

제3장 화분매개곤충 지원 정책

1. 국내 화분매개 지원 정책	41
2. 해외 화분매개 지원 정책	43
3. 시사점	65

제4장 화분매개가치에 대한 평가

1. 화분매개가치에 대한 국민의식 조사	69
2. 화분매개가치의 사용가치 추정	77

제5장 화분매개가치 증대를 위한 발전방안

1. 화분매개가치의 중요성	95
2. 화분매개가치 증대를 위한 발전방안	97

부록

1. 화분매개가치 측정 방법	103
2. 예비조사 개요 및 설문 결과	106
3. 화분매개가치 측정을 위한 설문지	107

참고문헌	121
------------	-----

제1장

〈표 1-1〉 농가 단위의 화분매개가치 측정 선행연구	7
〈표 1-2〉 지역 단위 화분매개가치 측정 선행연구	8
〈표 1-3〉 국가 단위 화분매개가치 측정 선행연구	9
〈표 1-4〉 글로벌 단위 화분매개가치 측정 선행연구	11
〈표 1-5〉 국내 선행연구	13
〈표 1-6〉 본 연구와 선행연구와의 차이점	14
〈표 1-7〉 용어 정리	15

제2장

〈표 2-1〉 화분매개곤충의 종류 및 특징	22
〈표 2-2〉 연도별 화분매개곤충 사용면적, 사용률 및 사용농가수	23
〈표 2-3〉 곤충 종류별 화분매개면적	24
〈표 2-4〉 꿀벌의 과채류 화분매개 면적 및 사용률 변화 추이	26
〈표 2-5〉 꿀벌의 과수류 화분매개 면적 및 사용률 변화 추이	28
〈표 2-6〉 뒤영벌의 화분매개 면적 및 사용률 변화 추이	30
〈표 2-7〉 불가위벌류의 화분매개 면적 및 사용률 변화 추이	31
〈표 2-8〉 채소 작목에서 꿀벌의 화분매개 사용봉군수 및 사용봉군율 변화 추이	32
〈표 2-9〉 과수 작목에서 꿀벌의 화분매개 사용봉군수 및 사용봉군율 변화 추이	33
〈표 2-10〉 채소 작목에서 뒤영벌의 화분매개 사용봉군수 및 사용봉군율 변화 추이	35

〈표 2-11〉 과수 작목에서 뒤영벌의 화분매개 사용봉군수 및 사용봉군율 변화 추이	36
〈표 2-12〉 곤충 종류별 사용농가수	38

제3장

〈표 3-1〉 양봉산업 육성법과 양봉관련법안 비교	41
〈표 3-2〉 양봉산업 조례 제정 지자체 현황	42
〈표 3-3〉 ‘꿀벌 및 기타 화분매개체의 건강 증진을 위한 국가 전략’상 목표	43
〈표 3-4〉 영국의 ‘국가 화분매개체 전략’의 5개 영역별 주요 내용	51

제4장

〈표 4-1〉 인구통계학적 기본사항	70
〈표 4-2〉 농업·농촌 관련 특성	70
〈표 4-3〉 화분매개가치에 대한 인식	71
〈표 4-4〉 화분매개가치에 대한 지불의사	72
〈표 4-5〉 화분매개가치 유지 및 보전을 위한 지원 방안	72
〈표 4-6〉 지원 방법으로서 직접지불금 방식에 대한 의견	73
〈표 4-7〉 납부 의향이 없다고 응답한 이유	73
〈표 4-8〉 미래의 화분매개가치 영역별 중요성 전망	74
〈표 4-9〉 영역별 가치에 대한 사전 인지 여부	74
〈표 4-10〉 농업에서 차지하는 꿀벌의 화분매개의 중요성 인식	75
〈표 4-11〉 가격과 수분 종류(인공수분, 곤충수분)에 따른 농산물 선택군	76
〈표 4-12〉 꿀벌에 대한 정보 획득 경로(복수응답)	76

〈표 4-13〉 화분매개곤충 생산액	77
〈표 4-14〉 농산물 생산액을 이용한 화분매개곤충 가치	80
〈표 4-15〉 곡물류의 곤충 및 꿀벌에 의한 화분매개가치	80
〈표 4-16〉 과실류의 곤충 및 꿀벌에 의한 화분매개가치	81
〈표 4-17〉 수실류의 곤충 및 꿀벌에 의한 화분매개가치	82
〈표 4-18〉 과채류의 곤충 및 꿀벌에 의한 화분매개가치	82
〈표 4-19〉 특용 및 약용 작물류의 곤충 및 꿀벌에 의한 화분매개가치	83
〈표 4-20〉 변수 설명 및 기초통계 정리	88
〈표 4-21〉 모형 추정 결과	89
〈표 4-22〉 지불의사금액 산정	91
〈표 4-23〉 양봉업(꿀벌과 뒤영벌 포함)의 화분매개가치 정리	91
〈표 4-24〉 선행연구 및 본 연구의 화분매개가치 비교	92

부록

〈부표 1〉 화분매개가치별 예비조사 응답결과	106
--------------------------------	-----

제1장

〈그림 1-1〉 꿀벌과 뒤영벌 비교	15
〈그림 1-2〉 화분매개가치 분류 및 본 연구의 범위	17
〈그림 1-3〉 연구 주요 내용과 연구 방법	18

제2장

〈그림 2-1〉 곤충 종류별 화분매개면적 비율 변화	25
〈그림 2-2〉 곤충 종류별 화분매개농가수 비율 변화	38

제3장

〈그림 3-1〉 화분매개용 꿀벌 수급 조정 시스템	62
〈그림 3-2〉 일본의 토종 호박벌 출하량 추이	64

제5장

〈그림 5-1〉 화분매개가치를 기반으로 한 양봉산업의 인식 개선	97
---	----

제1장

서론



1

서론

1. 연구의 필요성과 목적

1.1. 연구 배경과 필요성

○ 화석연료 사용에 따른 온실가스 배출량이 증가하면서 그에 따른 이상기후 현상이 빈번하게 나타나고 있으며, 용도 변경에 따른 농지 감소 등으로 안정적인 식량공급의 중요성이 점차 증가하고 있음. 현재 전 세계 주요 경제 작물 가운데 70%는 수정을 통해 열매를 맺으므로 화분매개곤충은 농업과 밀접한 관련이 있음(Klein, A.M. et al., 2007). 특히 양봉업은 벌꿀 채취과정에서 화분매개를 통해 식물의 수분 활동에 직접적인 영향을 주면서 자연환경 보전과 농산물 생산에 기여를 하고 있음.

○ 도시화 진행과 농약사용 증가로 자연에 존재하던 화분매개곤충의 수가 감소하고 있으며, 이와 함께 꿀벌 집단실종이 빈번하면서 양봉산업의 화분매개가

치가 제고되고 있음. 또한 화분매개가 필요한 시설 및 과수 작물의 재배면적의 증가와 인공수정 인건비의 지속적인 상승 등으로 농가의 화분매개 수요는 현재 증가하고 있음.

○ 우리나라에서 양봉산업의 가치는 그동안 주로 양봉산물(벌꿀)의 생산액에 국한되어 평가되었으며, 화분매개가치는 평가에서 누락되면서 양봉산업의 가치가 대폭 축소되는 결과가 발생하였음. 또한 양봉산업이 화분매개를 통해 환경과 농업생산, 자연환경에 미치는 역할과 가치에 관한 연구가 충분하지 않아 화분매개 부문 지원 정책 수립을 위한 토대 마련에 어려움이 있었음.

○ 특히 2021년 겨울과 2022년 봄 사이에 꿀벌 집단실종이 발생하여 약 79억 마리의 벌이 사라진 것으로 추정되고 있음(농촌진흥청 보도자료, 2022. 3. 14.). 이는 수도작과 비교 시 모내기에 실패한 상황과 매우 유사하며, 2020~2021년 연속적인 벌꿀 흉년으로 기초체력이 소진된 양봉산업의 기반이 상실될 수 있는 상황임. 이러한 이상기온의 발생빈도가 증가하고 있으므로 꿀벌의 집단실종은 향후에도 지속적으로 발생할 것으로 추정되며, 시설원에 농산물 생산의 불안정성을 높이고 있음.

- 화분매개에 이용되는 꿀벌은 원예시설에 투입 시 잔여 농약 및 비행 중 유리(비닐)와의 충돌 등으로 체력이 저하되어 소모성 봉군으로 사용되며, 사용 후 전량 폐기하고 있음. 따라서 양봉농가는 기본 봉군이 부족한 상황에서서는 소모율이 큰 화분매개용 봉군 공급을 제한할 가능성이 높음.

○ 따라서 꿀벌의 화분매개가치를 측정함으로써 양봉산업의 가치를 재조명하며, 화분매개기능의 중요성을 강조할 필요가 있음. 이를 위해 화분매개용 꿀벌을 생산 및 소비하는 농가에서 창출되는 가치 이외에도 꿀벌의 화분매개를 통해 창출되는 환경·생태 보존가치를 추정함으로써 전반적인 화분매개가치를 추정할 필요가 있음.

○ 또한 양봉농가의 소득 안정화 방안 중 하나로 화분매개용 꿀벌 시장을 활성화 할 필요가 있음. 벌꿀 생산은 아까시나무 개화기 때 일기에 크게 영향을 받으므로 벌꿀 생산량은 4~5월 기상에 따라 변동되는 취약점이 있음. 따라서 화분매개용 꿀벌 생산지원 방안과 이를 이용하는 시설원에 농가와의 네트워크 구성을 통해 양봉농가 소득 안정에 기여할 수 있을 것으로 판단됨.

○ 따라서 기존에 제시된 양봉산물의 경제적 가치 이외에도 꿀벌의 화분매개가치를 합리적인 방법론을 통해 추정하고, 이를 통해 화분매개기능의 중요성에 대한 인식 전환과 지원 방안을 모색할 필요가 있음. 화분매개가 농업에서 차지하는 위상을 정립하고, 지속적인 농산물 생산을 위해 화분매개가 필수적임을 제시하여 농업과 화분매개곤충의 연계성 강화를 위한 정책수립의 기초자료로 활용될 수 있음.

- 해외 선진국은 화분매개가치를 지속해서 발표하고 있음. 이를 통해 농업 중 화분매개기능이 가지는 중요성을 강조하면서 이를 바탕으로 농업과 양봉산업의 연계성 강화방안 마련의 근거로 이용하고 있음.

○ 현재 화분매개에 이용되고 있는 벌은 꿀벌과 뒤영벌, 뿔가위벌이 대표적인 종류임. 그러나 이 연구에서는 화분매개가치 측정 대상으로 꿀벌과 뒤영벌로 한정하며, 이들의 방화 및 수분에서 발생하는 가치를 양봉산업에서 발생하는 화분매개가치로 정의함.

- 뿔가위벌은 야생성이 강해 농가에서 생산하지 못하고 주로 채집에 의존하여 사용 중임. 이에 따라 사용 물량이 적어 통계에 집계되지 않고 있으며, 파리류가 양파 채종작업에 사용되고 있으나, 투입물량이 매우 적고(0.1%) 양봉산업에 포함되지 않으므로 집계에서 제외함.

1.2. 연구 목적

○ 지속적인 고품질 농산물 생산을 위해서는 화분매개가 필수적이거나, 현재 화분매개가치에 대해서는 충분한 연구가 부족한 상황임. 따라서 화분매개의 종합적인 사용가치 측정을 통해 양봉산업이 농업 내에서 가지는 위상을 재정립하고, 양봉산업과 농업과의 지속적인 관계 구축을 위한 정책 수립에 필요한 기초자료를 제공하고자 함. 이를 위한 세부 목적은 아래와 같음.

- 1) 우리나라 농업분야의 화분매개곤충 이용 현황을 파악함.
- 2) 해외 양봉 선진국의 화분매개 지원 정책을 정리함.
- 3) 화분매개기능의 가치 측정을 통해 화분매개의 중요성과 이에 대한 지원책을 제시함.

2. 선행연구 검토

2.1. 해외 연구

○ 해외 학계에서 화분매개곤충의 가치분석에 대한 연구는 활발히 진행되고 있음. 이는 화분매개기능을 통한 농산물의 안정적인 생산과 환경보호 및 생태계 보전 서비스를 제공한다는 인식이 확산되어 있기 때문임. 또한 양봉 선진국에서는 이 같은 연구에서 측정된 양봉산업의 가치를 바탕으로 양봉산업을 지원하기 위한 정책수립의 기초자료로 이용하고 있음.

○ 해외 선행연구¹⁾는 상당히 다양하므로 화분매개가치의 측정 단위를 농가, 지역, 국가, 글로벌로 구분하여 설명하고자 함.

2.1.1. 농가 단위 분석

○ 농가 단위의 화분매개가치를 측정한 연구는 주로 생산량 분석법을 이용하여
진행되었으며, 추정된 화분매개가치는 지역 및 품목에 따라 최소 55달러/ha
에서 최대 75,190달러/ha로 계측됨. 이외 Sandhu, H.S.(2008)는 봉군 임
대로 접근법을 이용하였으며, 화분매개가치를 78~81달러/ha로 추정함.

〈표 1-1〉 농가 단위의 화분매개가치 측정 선행연구

연구	지역	작물	추정 방법	기준 연도	가치추정액	
					미화 기준	원화 기준
Shipp, J.L. et al.(1994)	캐나다	피망	생산량 분석	1992	\$47,784~ \$75,190/ha	6,288만 원 ~9,895만 원/ha
Whittington, R. et al.(2004)	캐나다	토마토	생산량 분석	2001	\$434~ \$2,344/ha	57.1만 원 ~308만 원/ha
De Marco Junior, P. & F.M. Coelho (2004)	브라질	커피	생산량 분석	2003	\$2,415/ha	317만 원/ha
Olschewski, R. et al.(2006)	인도네시아	커피	생산량 분석	2001	\$63/ha	8.3만 원/ha
Priess, J.A. et al.(2007)	인도네시아	커피	생산량 분석	2001	\$55.34/ha	7.3만 원/ha
Nderitu, J. et al.(2008)	케냐	해바라기	생산량 분석	2005	\$2,072/농가	272만 원/농가
Lye, G.C. et al. (2011)	영국	라즈베리	생산량 분석	2010	\$7,641/ha	1,005만 원/ha
Mouton, M. (2011)	남아프리카 공화국	사과	생산량 분석	2007~08	\$18,216/ha	2,397만 원/ha
Sandhu, H.S. et al.(2008)	뉴질랜드	미제시	봉군 임대료 접근법	2004	\$78~\$81/ha	10.3만 원 ~10.7만 원/ha

주: 미화 및 원화는 2015년 기준 금액임.

자료: Potts, S.G. et al.(2016)을 이용하여 저자 작성.

1) 각 방법론에 대한 설명은 부록을 참조 바람.

2.1.2. 지역 단위 분석

○ 지역 단위 분석에는 화분매개율을 이용한 방법이 전반적으로 많이 사용되고 있음. 지역 및 품목에 따라 화분매개가가치는 최소 4억 1,300만 달러에서 최대 72억 달러로 계측됨.

○ 이외에 생산량 분석, 부분균형모델, 교체비용 분석방법을 사용한 연구에서는 화분매개가가치를 최소 20만 달러에서 최대 5억 2,900만 달러로 계측함.

〈표 1-2〉 지역 단위 화분매개가치 측정 선행연구

연구	지역	작물	추정 방법	기준 연도	가치추정액	
					미화 기준	원화 기준
Turpie, J.K. et al.(2003)	남아프리카 공화국	전체 작물	화분매개율	1999	\$426.1M	5,607억 원
Guerra-Sanz, J.M.(2008)	스페인 알메리아	8개 작물	화분매개율	2002	\$764.6M	1조 62억 원
Allsopp, M.H. et al.(2008)	남아프리카 공화국	사과, 자두, 살구	화분매개율	2005	\$413.2M	5,438억 원
Chaplain-Kramer et al. (2011)	캘리포니아, 미국	전체 작물	화분매개율	2007	\$3.1B~\$7.2B	4조 796억~9조 4,752억 원
Barfield, A.S. et al.(2015)	조지아, 미국	30개 작물	화분매개율	2009	\$673.8M	8,867억 원
Greenleaf, S. S. & C. Kremen(2006)	캘리포니아, 미국	해바라기	생산량 분석	2002	\$34.6M	455억 원
Winfree, R. et al.(2011)	뉴저지, 미국	수박	부분균형모델	2009	\$4.02M~\$4.03M	53억 원
Ritter, D.J. (2013)	오리건, 미국	블루베리	부분균형모델	2011	\$9.7M~\$11.8M	128억~155억 원
Allsopp, M.H. et al.(2008)	남아프리카 공화국	사과, 자두, 살구	교체비용 분석	2005	\$94.2M~\$529.7M	1,240억~6,971억 원
Winfree, R. et al.(2011)	뉴저지, 미국	수박	교체비용 분석	2009	\$0.2M~\$0.23M	2.6억~3.0억 원

주 1) 미화 및 원화는 2015년 기준 금액임.

2) 미화 단위 중 M은 백만 달러, B는 십억 달러를 의미함.

자료: Potts, S.G. et al.(2016)을 이용하여 저자 작성.

2.1.3. 국가 단위 분석

○ 상당히 다양한 국가 단위 분석이 진행되었으며, 이들을 분석방법론으로 분류할 경우 가장 많이 사용된 방법은 화분매개율을 이용한 분석임.

- Robinson, W. et al.(1989)을 비롯하여 17개 연구가 화분매개율을 이용한 방법이며, 화분매개가치는 국가 및 품목에 따라 다양하지만, 최소 1,680만 달러에서 최대 570억 달러까지 추정됨.
- 이외에 부분균형 모델, 품목 총생산액, 생산량 분석, 현시선호, 교체비용 분석법을 이용한 연구가 시도됨.

〈표 1-3〉 국가 단위 화분매개가치 측정 선행연구

연구	지역	작물	추정 방법	기준 연도	가치추정액	
					미화 기준	원화 기준
Robinson, W. et al.(1989)	미국	전체 작물	화분매개율	1986	\$20.3bn	26조 7,148억 원
Carreck & Williams(1997)	영국	전체 작물	화분매개율	1996	\$479.1M	6,305억 원
Morse, R.A. & N.W. Calderone(2000)	미국	전체 작물	화분매개율	1996~1998	\$21.8bn	28조 6,888억 원
Canadian Honey Council(2001)	캐나다	전체 작물	화분매개율	1998	\$770.7M	1조 142억 원
Losey & Vaughn(2006)	미국	51개 작물	화분매개율	2003	\$4.0bn	5조 2,640억 원
Zych, M. & A. Jakubiec(2006)	폴란드	19개 작물	화분매개율	2004	\$311M	4,092억 760만 원
Cook, D.C. et al.(2007)	호주	25개 작물	화분매개율	1999~2003	\$16.8M~ \$39.9M	221억~ 525억 원
Brading, P. et al.(2009)	이집트	전체 작물	화분매개율	2004	\$3.0bn	3조 9,480억 원
Basu, P. et al.(2011)	인도	채소류 6품목	화분매개율	2007	\$831.8M	1조 946억 원
Watson, R. et al.(2011)	영국	18개 작물	화분매개율	2007	\$986.1M	1조 2,977억 원
An, J.D. & W.F. Chen(2011)	중국	원예작물	화분매개율	2008	\$57.0bn	75조 120억 원

(계속)

연구	지역	작물	추정 방법	기준 연도	가치추정액	
					미화 기준	원화 기준
Calderone, N.W.(2012)	미국	전체 작물	화분매개율	1997~2009	\$4,666~\$7,311/ha	6.14백만~9.62백만 원
Vanbergen, A. et al.(2014)	영국	18개 작물	화분매개율	2011	\$1,173.4M	1조 5,442억 원
Sanjerehei, M.M. (2014)	이란	32개 작물	화분매개율	2005~2006	\$7.9bn	10조 3,964억 원
Giannini, T.C. et al.(2015)	브라질	85개 작물	화분매개율	2012	\$12.5bn	16조 4,500억 원
Gill et al.(1989)	호주	35개 작물	부분균형모델	1989	\$0.9bn~\$1.8bn	1조 1,844억~2조 3,688억 원
Gill, R.A.(1991)	호주	35개 작물	부분균형모델	1986~1987	\$523M~\$10,858M	6,882억~14조 2,891억 원
Southwick, E.E. & L. Southwick (1992)	미국	전체 작물	부분균형모델	1987	\$3.4bn~\$11.9bn	4조 4,744억~15조 6,604억 원
Gordon, J. & L. Davis(2003)	호주	35개 작물	부분균형모델	1999~2000	\$1.5bn	1조 9,740억 원
Metcalf, C.L. et al.(1962)	미국	30개 작물	품목총생산액	1957	\$38.2bn	50조 2,712억 원
Levin, M.D.(1984)	미국	전체 작물	품목총생산액	1984	\$4.5bn	5조 9,220억 원
Matheson, A. & M. Schrader(1987)	뉴질랜드	전체 작물	품목총생산액	1986	\$2.6bn	3조 4,216억 원
Kasina, J.M. et al.(2009)	케냐	8개 작물	생산량 분석	2005	\$3.9M	51억 324만 원
Stanley, D.A. et al.(2013)	아일랜드	유채	생산량 분석	2009~2011	\$5.8M	76억 원
Garratt, M.P.D. et al.(2014)	영국	사과	생산량 분석	2010	\$62.1M	817억 원
Mwebaze, P. et al.(2010)	영국	미제시	현시선호	2009	\$3.0bn	3조 9,480억 원
Breeze, T.D. et al.(2015)	영국	미제시	현시선호	2010	\$1,175M~\$640M	8,422억~1조 5,463억 원
Calzoni, G.L. & A. Speranza(1998)	이탈리아	자두	교체비용 분석	1996	\$394.1M	5,186억 원

주 1) 미화 및 원화는 2015년 기준 금액임.

2) 미화 단위 중 M은 백만 달러, B는 십억 달러를 의미함.

자료: Potts, S.G. et al.(2016)을 이용하여 저자 작성.

2.1.4. 글로벌 단위 분석

○ 글로벌 단위로 화분매개가치를 분석한 연구에서는 화분매개율 방법이 가장 많이 사용되었으며, 지역 및 품목에 따라 가치는 240억 달러에서 최대 5,770억 달러까지 분석됨. 이외에 부분 및 일반 균형모델, 품목 총생산액, 잉여가치 분석법 등이 적용되었으며, 이들 방법을 이용한 화분매개가치는 30억 달러에서 최대 6,893억 달러까지 분석됨.

〈표 1-4〉 글로벌 단위 화분매개가치 측정 선행연구

연구	지역	작물	추정 방법	기준 연도	가치추정액	
					미화 기준	원화 기준
Pimtel et al. (1997)	세계 전체	전체 작물	화분매개율	1986	\$435.9bn	573조 6,444억 원
Gallai, N. et al.(2009)	세계 전체	전체 작물	화분매개율	2005	\$232.1bn	305조 4,436억 원
Lautenbach, S. et al.(2012)	세계 전체	전체 작물	화분매개율	2009	\$235.1bn~\$577bn	309조 3,916억~759조 3,320억 원
Leonhardt, S.D. et al.(2013)	유럽	전체 작물	화분매개율	1991~2009	\$24.0bn	31조 5,840억 원
Partap, U. & T. Ya.(2012)	히말라야 지역	전체 작물	부분균형모델	2008	\$3.0bn	3조 9,480억 원
Bauer, D.M. & S. Wing(2016)	세계 전체	전체 작물	부분균형모델	2004	\$160bn~\$191.5bn	210조 5,600억~252조 140억 원
Bauer, D.M. & S. Wing(2016)	세계 전체	전체 작물	일반균형모델	2004	\$367.9bn~\$689.3bn	484조 1,564억~907조 1,188억 원
Costanza, R. et al.(1997)	세계 전체	전체 작물	품목총생산액	1996	\$177bn	232조 9,320억 원
Gallai, N. et al.(2009)	세계 전체	전체 작물	잉여가치 분석	2005	\$176.2bn~\$486bn	231조 8,792억~639조 5,760억 원
Klatt, B.J. et al.(2014)	유럽	딸기	생산량 분석	2009	\$1.6bn	2조 1,056억 원

주: 미화 및 원화는 2015년 기준 금액임.

자료: Potts, S.G. et al.(2016)을 이용하여 저자 작성.

2.2. 국내 연구

- 국내에서 양봉산업의 생산성 향상 및 벌꿀 생산량 증대, 꿀벌 사양관리에 대한 논문은 상당수 발표된 바 있으나, 꿀벌의 화분매개가치를 추정한 연구는 정철의(2008), 서동균 외(2011), 한재환(2014), 정철의 외(2018), 정철의, 신종화(2022) 등으로 한정됨.
- 정철의(2008), 정철의 외(2018), 정철의, 신종화(2022)는 화분매개울 접근법을 이용하여 18~178개 품목 분석을 통해 꿀벌 및 곤충의 화분매개가치를 3조 7,500억 원에서 최대 7조 2,000억 원으로 추정함.
 - 정철의(2008)의 분석 품목 18개에서, 정철의 외(2018) 연구에서는 분석 품목 수가 최대 178개로 증가하였으나, 분석 품목 수에 비해 화분매개가치 증가 폭은 그리 크게 나타나지 않았음. 이는 화분매개가치 측정에 필수적인 농산물 생산액이 전반적으로 감소하면서 화분매개가치가 동반 감소한 점과 함께 분석대상에 곤충의 화분매개가 필요 없는 작물(풍매화)과 생산액이 작은 품목 등이 대거 포함된 부분이 영향을 주었기 때문임.
- 서동균 외(2011)는 인공수분 대체법을 이용하여 과수 3개 품목 및 기타 과수에서 발생하는 화분매개가치를 1조 3,499억 원으로 추정하였으며, 한재환(2014)은 화분매개울 접근법을 통해 23개 품목을 분석하였으며, 꿀벌의 화분매개가치를 5조 8,671억 원으로 계측함.

〈표 1-5〉 국내 선행연구

연구	분석 품목 수	화분매개가치의 구분	분석방법	화분매개 대상 및 가치
정철의(2008)	18개	소모성 직접사용가치	화분매개율	- 곤충: 5조 9,800억 원 - 꿀벌: 4조 8,000억 원
서동균 외(2011)	과수 3개 및 기타 과수	소모성 직접사용가치	인공수분 대체법	- 곤충: 1조 3,499억 원
한재환(2014)	23개	소모성 직접사용가치	화분매개율	- 꿀벌: 5조 8,671억 원
정철의 외(2018)	178개	소모성 직접사용가치	화분매개율	- 곤충: 5조 원 - 꿀벌: 3조 7,500억 원
정철의, 신종화(2022)	71개	소모성 직접사용가치	화분매개율	- 곤충: 6조 5,000억~ 7조 2,000억 원

자료: 저자 작성.

2.3. 연구의 차별성

- 기존 연구는 화분매개율 및 인공수분 대체법에 근거하여 화분매개가치를 산정하였으며, 이는 화분매개곤충의 소모성 직접사용가치에 집중한 접근법임. 이러한 소모성 직접사용가치는 화분매개곤충을 사용하는 농가에서 창출되는 가치에 한정됨.
- 이러한 방법은 화분매개곤충이 가지고 있는 사용가치의 일부분(소모성 직접사용가치)만 추정하므로 제외된 가치(비소모성 직접가치, 간접사용가치, 선택가치) 추정에는 한계가 있음.
- 따라서 본 연구에서는 소모성 직접사용가치 측정과 함께 기존 연구에서 제외된 화분매개곤충 생산농가에서 발생하는 소모성 직접사용가치와 일반인들의 화분매개에 대한 비소모성 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치 등도 추정하고자 함. 이를 통해 화분매개의 사용가치를 종합적으로 추정할 수 있음.
 - 본 연구는 소모성 직접가치는 화분매개율 접근법을 이용하여 추정하며, 비소모성 직접사용가치 및 간접사용가치, 선택가치는 조건부 가치측정법(Contingent Valuation Method)을 이용하여 화분매개가치에 대한 지불의사액(WTP)을 설문조사를 통해 조사 및 분석하였음.

〈표 1-6〉 본 연구와 선행연구와의 차이점

연구		분석대상 화분매개가치	가치사슬 단계별 대상	분석방법
선행 연구	정철의(2008)	소모성 직접사용가치	화분매개곤충 사용농가	화분매개율
	서동균 외(2011)	소모성 직접사용가치	화분매개곤충 사용농가	인공수분 대체법
	한재환(2014)	소모성 직접사용가치	화분매개곤충 사용농가	화분매개율
	정철의 외(2018)	소모성 직접사용가치	화분매개곤충 사용농가	화분매개율
	정철의, 신종화 (2022)	소모성 직접사용가치	화분매개곤충 사용농가	화분매개율
본 연구		소모성 직접사용가치	화분매개곤충 생산농가	생산액 집계
			화분매개곤충 사용농가	화분매개율
		비소모성 간접사용가치	일반인	조건부 가치측정법(CVM)
		간접사용가치	일반인	조건부 가치측정법(CVM)
		선택가치	일반인	조건부 가치측정법(CVM)

자료: 저자 작성.

3. 연구 범위 및 방법

3.1. 용어 정리

○ 본 연구의 범위와 방법을 명확히 하기 위해 기본적인 용어의 설명과 정의를 제시하고자 함.

○ 화분매개는 꽃가루(화분)를 수술에서 암술로 옮겨서 생식에 이르게 하는 활동을 의미함. 화분매개곤충의 일반적 정의는 꽃가루를 매개하여 농작물의 결실에 도움을 주는 곤충류를 의미하나, 본 연구에서는 범위를 한정하여 농작물의 결실에 도움을 주는 꿀벌과 뒤영벌(양봉산업 대상)로 한정함.

○ 직접사용가치는 화분매개곤충을 생산 및 소비하는 과정에서 발생하는 가치임. 화분매개곤충을 생산·판매하는 농가와 이를 구입하여 작물 생산에 이용

하는 농가에게 귀속되는 가치는 직접사용가치 중 소모성 가치에 해당함. 한편, 화분매개과정에서 창출되는 정신적·미적 가치는 직접사용가치 중 비소모성가치에 해당한다고 볼 수 있음.

○ 간접사용가치는 화분매개곤충을 통해 유지되는 생물 다양성 보존 및 생태계 유지·보전 가치가 해당되며, 선택가치는 화분매개곤충을 통해 미래환경 이용 기회 가능성을 보장받기 위해 부여되는 가치를 의미함.

〈그림 1-1〉 꿀벌과 뒤펽벌 비교



자료: Difference.Guru(<https://difference.guru/difference-between-honeybees-and-bumblebees/>).
 검색일: 2022. 11. 5.

〈표 1-7〉 용어 정리

용어		본 연구의 정의
화분매개 ¹⁾		- 꽃가루(화분)를 수술에서 암술로 옮겨 수정을 통한 생식에 이르게 하는 활동
화분매개곤충 ¹⁾		- 농작물의 결실에 도움을 주는 벌과 뒤펽벌로 한정함
화분 매개의 사용 가치 ²⁾	소모성 직접사용가치	- 화분매개곤충(꿀벌, 뒤펽벌)을 생산 및 소비하는 과정에서 발생하는 가치
	비소모성 직접사용가치	- 화분매개과정에서 느끼는 정신적·미적 가치
	간접사용가치	- 화분매개곤충을 통해 유지되는 생물 다양성 보존 및 생태계 유지·보전 가치
	선택가치	- 화분매개곤충을 통해 미래환경 이용기회 가능성을 보장받기 위해 부여되는 가치

자료: 1), 2) 김남정 외 (2012).; 안소은 외(2010)를 이용하여 저자 작성함.

3.2. 연구 범위

- 본 연구의 주요 대상은 양봉산업의 범위 안에 있는 꿀벌, 뒤영벌의 화분매개의 사용가치를 분석하는 것이며, 자연계의 곤충·조류·자연현상에 의해 발생하는 화분매개는 본 연구에 포함되지 않음. 따라서 이후 서술되는 화분매개가는 꿀벌과 뒤영벌의 화분매개로 발생하는 가치를 의미함.
- 꿀벌 및 뒤영벌의 화분매개가 가지는 경제적 총가치는 크게 사용가치와 비사용가치로 구분할 수 있음. 사용가치는 다시 직접사용가치와 간접사용가치, 선택가치로 구분되며, 비사용가치는 유산가치와 존재가치로 구분됨(안소은 외, 2010; 권오상, 2013).
- 화분매개곤충의 화분매개기능 가치 중 소모성 직접사용가치²⁾는 화분매개곤충을 생산하는 농가와 이용하는 농가로 구분하여 측정할 수 있음.
 - 곤충생산농가의 경우 곤충(꿀벌, 뒤영벌) 판매수익을 고려할 수 있으며, 곤충 사용농가는 화분매개곤충 사용을 통해 농산물 품질 및 생산량 향상 효과를 들 수 있음.
- 비소모성 직접사용가치 및 간접사용가치, 선택가치는 화분매개과정에서 발생하는 가치이며, 가치를 판단할 수 있는 시장이 존재하지 않으므로 직접 또는 간접 진술선호(Stated Preference) 방식을 이용하여 측정하는 것이 일반적임.
- 비사용가치는 크게 유산가치와 존재가치로 분류됨. 유산가치는 미래세대의 사용을 위한 가능성을 보전하는 상황에서 발생하는 가치이며, 현재 시점의 사

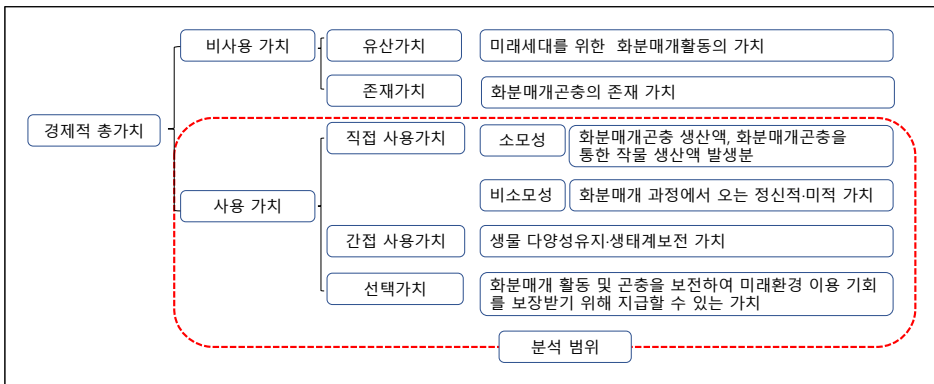
²⁾ 직접사용가치에 화분매개곤충 사용농가의 인공수분 절감 비용과 종자산업에서 화분매개곤충을 이용하는 부분도 고려할 수 있음. 하지만 전자의 경우 인공수분 관련 통계구축이 미비하여 가치 추정에 한계가 있으며, 후자의 경우 품목별 번식방법이 다양(종자 및 영양 번식)하여 본 연구 범위에서 제외함.

용을 미래로 연기한다는 점에서 사용가치로도 분류가 가능함. 존재가치는 현재 및 미래의 사용 여부와 상관없이 단지 화분매개곤충이 자연계에 존재함으로써 부여되는 가치임.

○ 본 연구에서 화분매개가치의 분석 범위는 사용가치(소모성·비소모성 직접사용가치, 간접 사용가치 및 선택가치)로 한정하며, 비사용가치(유산가치 및 존재가치)는 분석 범위에서 제외함.

- 비사용가치는 화분매개의 실질적 기능 이외에 사회 구성원의 이타심 또는 다음 세대에 대한 이타심을 포함하고 있는 개념이며, 사용가치에서 이미 고려하고 있는 편익 항목(환경보전·생태계 유지·미적 가치)을 중복 계상할 우려가 있기 때문임(장수은 외, 2008; 안소은 외, 2010).

〈그림 1-2〉 화분매개가치 분류 및 본 연구의 범위



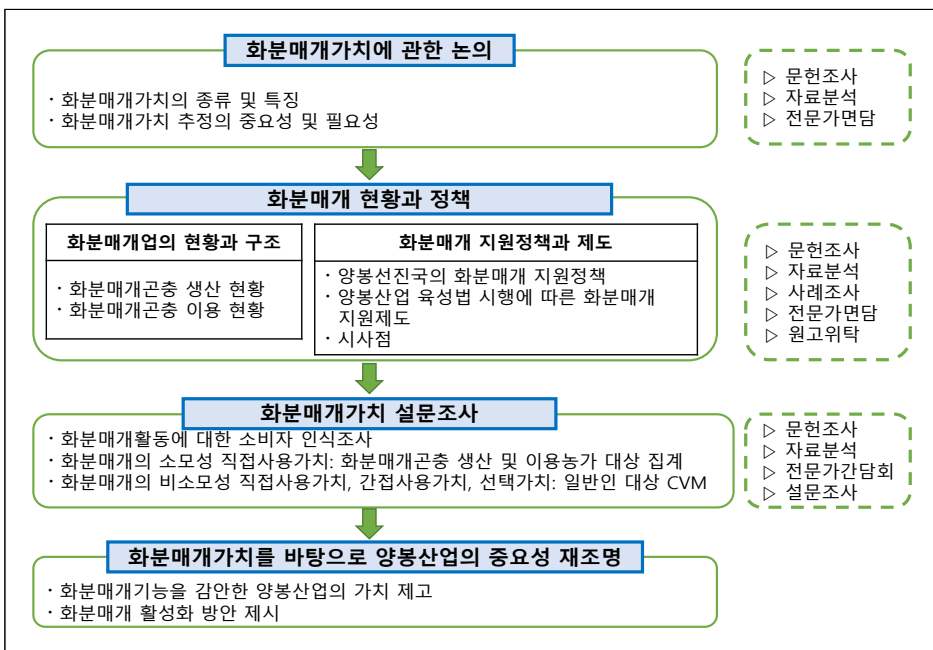
자료: 안소은 외(2010); 권오상(2013); Vanbergen, A.J.(2018)를 이용하여 저자 작성.

3.3. 연구 방법

○ 화분매개가치 측정을 위해 국내외 문헌 조사, 통계자료 분석, 양봉 전문가 및 화분매개 생산·이용 농가 방문 및 일반인 설문조사 등을 활용함.

- 국내외 문헌 조사를 통해 화분매개곤충과 관련된 다양한 배경 및 산업구조, 기존 정책 등을 중심으로 분석함. 화분매개곤충산업의 현황과 실태, 문제점을 파악하고 시장규모 전망을 위해 통계자료를 분석함.
- 전문가를 대상으로 자문회의를 통해 의견수렴을 실시하였으며, 화분매개와 관련된 주요 양봉 선진국인 미국, 영국, EU, 일본 등을 대상으로 사례를 분석함.
- 화분매개가치의 다양한 구성요소(직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치) 측정을 위해 각 특성에 적합한 가치측정방법을 이용함. 직접사용가치 중 소모성 가치는 시장이 존재하므로 생산액을 이용하여 산정하였으며, 비소모성 직접 사용가치 및 간접사용가치, 선택가치는 조건부 가치측정방법(CVM)을 이용하여 추정함.

〈그림 1-3〉 연구 주요 내용과 연구 방법



자료: 저자 작성.

제2장

화분매개곤충 이용 현황



2

화분매개곤충 이용 현황

1. 화분매개곤충 종류 및 특징³⁾

○ 자연에서 화분을 매개하는 곤충은 나비, 벌, 파리, 꽃등에, 꽃하늘소 등 다양한 곤충이 있으나, 화분매개곤충으로 증식·이용되는 종류는 주로 꿀벌, 뒤영벌, 뿔가위벌류를 들 수 있음.

- 이는 ① 방화성(訪花性)이 우수하고 화분이 몸에 부착되기 용이하여 수분을 원활히 할 수 있으며 ② 저온 및 온실 내 환경 적응성을 가지고 있고 천적에 의한 피해가 적으며 ③ 유해성이 없고 이용이 용이하며 높은 번식력을 가지고 있어 화분매개에 사용하기 적합하기 때문임.

○ 화분매개곤충 중 이용 비율이 가장 높은 꿀벌은 양봉업의 발달로 생산 및 조

³⁾ 이 절은 국립농업과학원(2021)을 참고하여 작성함.

달이 유리하며, 다양한 작물에 투입이 가능한 장점이 있어 화분매개곤충 전체 사용량의 70%를 차지하고 있음.

- 시설원예작물 중 화분매개곤충의 활동이 저하·중단되는 시기에 생산되는 초촉성(11월 수확)·촉성(12월 수확) 딸기 재배는 꿀벌의 화분매개가 필수적임. 특히 딸기는 꿀벌의 화분매개가 없을 경우 기형과율이 품종에 따라 85~100%로 나타나므로 화분매개곤충이 필수적임.

○ 뒤영벌은 꿀벌과 비교해 몸이 크고 활동적이어서 저온 및 온실 같은 좁은 공간에서 수분 활동이 더 활발한 장점이 있음. 특히 토마토 등 가짓과 식물의 경우 꿀이 없고 진동으로 수분 되는 특징이 있어 뒤영벌이 주로 화분매개에 사용되고 있음.

- 뿔가위벌은 사과의 수정률이 꿀벌과 비교해 80% 이상 높고, 방사 이후 농가 주변 및 산간지에서 자가 증식하는 특징이 있어 재사용이 가능하여 과수 재배 농가에서 이용률이 높은 곤충임. 최근 자연 서식처의 감소로 야외 증식 및 채집이 어려워져 뿔가위벌류의 이용률이 감소하고 있어 대책 마련이 필요한 시점임.

〈표 2-1〉 화분매개곤충의 종류 및 특징

종류	특징	대상 작물
꿀벌	- 양봉업의 발달로 생산 및 조달이 용이함 - 초촉성·촉성 작물(예: 딸기)의 수정 시 화분매개용 곤충으로 최적 - 화분매개곤충 이용의 70% 이상을 차지	대부분의 화분식물
뒤영벌	- 꿀벌에 비해 몸이 크고 활동적이며, 저온 및 좁은 공간에서 활동이 유리 - 꿀이 나지 않고 진동에 의해 수분 되는 가짓과 식물의 화분수정에 주로 이용	토마토, 가지 등 가짓과 식물
뿔가위벌류	- 온대지역의 낙엽과수(사과, 배)의 화분매개 곤충으로 주로 이용 - 사과의 경우 수정률이 꿀벌보다 80% 이상 높음 - 덴마크 및 스웨덴은 대량 사육 중이나 우리나라는 자연채집에 의존	사과, 배, 단버찌, 복숭아, 아몬드, 블루베리, 유채, 파

자료: 국립농업과학원(2021).

2. 화분매개곤충 이용 현황

2.1. 화분매개곤충 사용면적

○ 2020년 기준 화분매개곤충 사용면적은 3만 5,213ha로 총 재배면적(12만 5,929ha)의 28.0%를 차지함. 같은 해, 화분매개곤충 사용봉군수는 61만 5,609봉군으로 2011년 대비 연평균 6.5% 증가하였고, 화분매개곤충 사용농가수는 6만 4,049농가로 2011년 대비 연평균 1.1% 증가함. 화분매개곤충 사용농가수의 증가 속도와 비교하여 봉군수가 더 크게 증가하였음을 확인할 수 있음.

〈표 2-2〉 연도별 화분매개곤충 사용면적, 사용률 및 사용농가수

단위: ha, %, 봉군, 가구

구분	총 재배면적	화분매개곤충 사용면적	화분매개곤충 사용면적률	화분매개곤충 사용봉군수	화분매개곤충 사용농가수
2011년	129,433	33,269	25.7	347,867	58,256
2016년	136,048	35,045	25.8	479,577	55,208
2020년	125,929	35,213	28.0	615,609	64,049
2011/2020년 연평균 증감률	-0.3	0.6	-	6.5	1.1

주: 사용면적은 소수점 첫째 자리에서 반올림한 수치임.

자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021).

○ 화분매개곤충 사용면적은 2011년 3만 3,269ha에서 2020년 3만 5,213ha로 연평균 0.6% 증가함. 이 중 꿀벌 사용면적이 2011년 2만 5,828ha에서 2020년 2만 4,421ha로 1,407ha가 감소함. 이는 토마토 및 고추 등의 품목에서는 꿀벌보다 수분에 적합한 뒤영벌로 전환이 이루어졌기 때문임.

- 뒤영벌 사용면적은 2011년 4,481ha에서 2020년 8,556ha로 약 1.9배 증가하였으며(연평균 7.5% 증가), 꿀벌과 뒤영벌의 혼합사용면적은 2011년 1,024ha에서 2020년 2,178ha로 약 2.1배 증가하였음.

- 불가위벌류의 경우 사용면적이 2011년 1,936ha에서 2020년 5ha로 급감하여 연평균 48.7% 감소한 것으로 조사됨. 파리류는 사용면적이 2016년 91ha에서 2020년 54ha로 연평균 12.1% 감소함.

〈표 2-3〉 곤충 종류별 화분매개면적

단위: ha, (%)

구분	화분매개면적	꿀벌	뒤영벌	불가위벌	혼합사용	파리류
2011년	33,269	25,828(77.6)	4,481(13.5)	1,936(5.8)	1,024(3.1)	-
2016년	35,045	26,005(74.2)	7,172(20.5)	638(1.8)	1,141(3.3)	91(0.3)
2020년	35,213	24,421(69.4)	8,556(24.3)	5(0.0)	2,178(6.2)	54(0.2)
2011/2020 연평균 증감률	0.6%	-0.6%	7.5%	-48.7%	8.7%	-12.1%

주 1) 사용면적은 소수점 첫째 자리에서 반올림한 수치임.

2) 파리류 사용면적의 연평균 증감률은 기간이 2016년부터 2020년까지임.

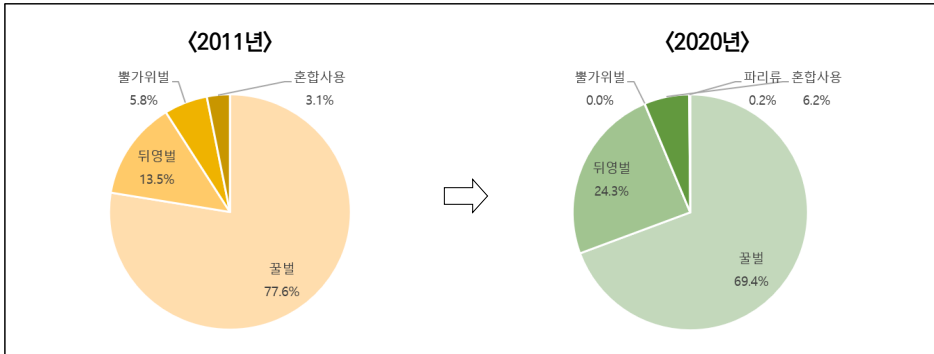
3) 괄호 안의 퍼센티지는 해당 연도의 전체 화분매개면적 대비 곤충 종류별 화분매개면적의 비율임.

자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021).

○ 2011년 대비 2020년 곤충 종류별 화분매개면적 비율을 비교하면, 뒤영벌과 혼합사용의 사용면적 비율은 증가한 반면에 꿀벌과 불가위벌류의 사용면적 비율은 감소한 것으로 조사됨. 꿀벌은 2020년 전체 화분매개면적의 69.4%에서 사용하였으나 2011년 대비(77.6%) 8.3%p 감소한 것으로 나타남.

- 뒤영벌은 2020년 화분매개면적의 24.3%를 차지하였으며 2011년 대비 (13.5%) 10.8%p 증가함. 꿀벌과 뒤영벌의 혼합사용은 6.2% 차지하였고 2011년 3.1% 대비 3.1%p 증가함. 불가위벌류의 경우에 사용면적 비율이 2011년 5.8%에서 2020년 0.0%로 감소함.

〈그림 2-1〉 곤충 종류별 화분매개면적 비율 변화



자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021).

2.2. 작목별 화분매개곤충 사용률

2.2.1. 꿀벌

가) 과채류

○ 꿀벌에 의한 수박 화분매개면적은 2011년 5,841ha에서 2020년 8,644ha로 연평균 4.5% 증가하였으며, 총 재배면적 대비 꿀벌 사용면적 비율은 2011년 45.0%에서 2020년 92.7%로 2배 이상 증가함.

○ 꿀벌에 의한 딸기 화분매개면적은 2011년 5,655ha에서 2020년 6,246ha로 연평균 1.1% 증가하였으며, 총 재배면적 대비 꿀벌 사용면적 비율은 2011년 99.5%에서 2020년 97.3%로 소폭 하락함.

○ 꿀벌에 의한 참외 화분매개면적은 2011년 4,500ha에서 2020년 3,250ha로 연평균 3.6% 감소하였으며, 총 재배면적 대비 꿀벌 사용면적 비율은 2011년 78.7%에서 2020년 93.1%로 증가함.

○ 꿀벌에 의한 멜론 화분매개면적은 2011년 542ha에서 2020년 1,075ha로 증가하여 연평균 7.9%의 높은 증가율을 보였으며, 총 재배면적 대비 꿀벌 사용면적 비율은 2011년 38.1%에서 2020년 72.4%로 대폭 상승함.

○ 꿀벌에 의한 고추 화분매개면적은 2011년 1,494ha에서 2020년 680ha로 연평균 8.4%의 높은 감소율을 보였으며, 총 재배면적 대비 꿀벌 사용면적 비율은 2011년 31.0%에서 2020년 16.0%로 절반 가까이 감소함.

- 고추 작목에서 꿀벌에 의한 화분매개면적이 뒤영벌로 대체되면서 꿀벌에 의한 고추 화분매개면적이 감소한 것으로 보임.

〈표 2-4〉 꿀벌의 과채류 화분매개 면적 및 사용률 변화 추이

단위: ha, %

구분	총 재배면적				꿀벌 사용면적				면적 기준 꿀벌 사용률		
	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년
수박	12,995	12,572	9,324	-3.6	5,841	8,152	8,644	4.5	45.0	64.8	92.7
딸기	5,681	6,306	6,421	1.4	5,655	6,007	6,246	1.1	99.5	95.3	97.3
토마토	5,850	6,976	5,707	-0.3	47	2	-	-	0.8	0.0	-
고추	4,814	4,878	4,254	-1.4	1,494	1,085	680	-8.4	31.0	22.2	16.0
오이	3,478	3,338	3,963	1.5	1	-	-	-	0.0	-	-
참외	5,719	5,305	3,490	-5.3	4,500	4,976	3,250	-3.6	78.7	93.8	93.1
호박	2,990	3,396	3,060	0.3	26	23	38	4.3	0.9	0.7	1.2
멜론	1,425	1,546	1,485	0.5	542	1,168	1,075	7.9	38.1	75.6	72.4
파프리카	429	709	728	6.1	-	-	-	-	-	-	-
가지	283	-	243	-1.7	23	-	7	-12.4	8.0	-	2.9
여주	-	115	112	-	-	1	5	-	-	1.2	4.6
양파 채종	-	55	19	-	-	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0
합계	43,664	45,196	38,806	-1.3	18,129	21,414	19,945	1.1	41.5	47.4	51.4

주 1) 꿀벌 및 혼합사용(꿀벌 및 뒤영벌) 면적을 합산한 자료임. 단, 사과는 화분매개곤충으로 꿀벌, 뒤영벌, 벌가위벌류를 혼합 사용함.

2) 증감률은 2011년부터 2020년 사이의 연평균 증감률을 의미함.

자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021).

나) 과수류

- 사과, 자두, 석류를 제외한 과수 작목의 꿀벌 사용면적은 감소하는 추세임. 꿀벌에 의한 사과 화분매개면적은 2011년 2,247ha에서 2020년 4,416ha로 연평균 7.8% 증가하였으며, 총 재배면적 대비 꿀벌 사용면적 비율은 2011년 7.2%에서 2020년 13.4%로 약 2배 증가함.
- 꿀벌에 의한 배 화분매개면적은 2011년 3,467ha에서 2020년 571ha로 연평균 18.2% 감소하였으며, 총 재배면적 대비 꿀벌 사용면적 비율은 2011년 23.0%에서 2020년 5.9%로 급감함.
- 꿀벌에 의한 감 화분매개면적은 2011년 2,071ha에서 2020년 651ha로 연평균 12.1% 감소하였으며, 총 재배면적 대비 꿀벌 사용면적 비율은 2011년 14.5%에서 2020년 7.5%로 절반 가까이 하락함.
- 꿀벌에 의한 복숭아 화분매개면적은 2011년 261ha에서 2020년 64ha로 감소하여 연평균 14.5%의 높은 감소율을 보였으며, 총 재배면적 대비 꿀벌 사용면적 비율은 2011년 1.9%에서 2020년 0.3%로 대폭 감소함.
- 꿀벌에 의한 자두 화분매개면적은 2011년 158ha에서 2020년 678ha로 연평균 17.6%의 높은 증가율을 보였으며, 총 재배면적 대비 꿀벌 사용면적 비율은 2011년 2.8%에서 2020년 9.5%로 3배 넘게 증가함.

〈표 2-5〉 꿀벌의 과수류 화분매개 면적 및 사용률 변화 추이

단위: ha, %

구분	총 재배면적				꿀벌 사용면적				면적 기준 꿀벌 사용률		
	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년
사과	31,167	31,620	32,954	0.6	2,247	3,460	4,416	7.8	7.2	10.9	13.4
복숭아	13,795	16,704	20,634	4.6	261	23	64	-14.5	1.9	0.1	0.3
배	15,081	12,664	9,616	-4.9	3,467	332	571	-18.2	23.0	2.6	5.9
감	14,299	11,849	8,639	-5.4	2,071	1,580	651	-12.1	14.5	13.3	7.5
자두	5,724	5,920	7,100	2.4	158	21	678	17.6	2.8	0.4	9.5
블루베리	1,082	4,290	3,447	13.7	221	136	69	-12.1	20.4	3.2	2.0
키위	-	1,502	1,468	-	-	3	2	-	-	0.2	0.1
복분자	2,708	2,193	941	-11.1	248	69	2	-41.5	9.1	3.1	0.3
체리	-	336	687	-	-	8	1	-	-	2.2	0.1
산딸기	-	350	684	-	-	84	127	-	-	24.0	18.6
석류	162	537	468	12.5	1	5	5	19.6	0.7	1.0	1.2
생대추	-	2,700	284	-	-	1	8	-	-	0.0	2.8
구기자	-	134	108	-	-	6	56	-	-	4.5	51.5
망고	-	42	76	-	-	4	5	-	-	9.5	6.1
패션프루트	-	11	17	-	-	1	0.0	-	-	5.5	0.0
합계	84,018	90,852	87,123	0.4	8,674	5,733	6,655	-2.9	10.3	6.3	7.6

주 1) 꿀벌 및 혼합사용(꿀벌 및 뒤영벌) 면적을 합산한 자료임. 단, 사과는 화분매개곤충으로 꿀벌, 뒤영벌, 불가위벌류를 혼합 사용함.

2) 증감률은 2011년부터 2020년 사이의 연평균 증감률을 의미함.

자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021).

2.2.2. 뒤영벌

가) 과채류

○ 뒤영벌에 의한 토마토 화분매개면적은 2011년 2,316ha에서 2020년 4,822ha로 연평균 8.5% 증가하였으며, 총 재배면적 대비 꿀벌 사용면적 비율은 2011년 39.6%에서 2020년 84.5%로 2배 이상 증가함.

○ 뒤영벌에 의한 고추 화분매개면적은 2011년 208ha에서 2020년 973ha로

증가하여 연평균 18.7%의 높은 증가율을 보였으며, 총 재배면적 대비 뒤영벌 사용면적 비율은 2011년 4.3%에서 2020년 22.9%로 5배 이상 상승함.

○ 뒤영벌에 의한 딸기 화분매개면적은 2011년 22ha에서 2020년 175ha로 증가하여 연평균 25.7%의 높은 증가율을 보였으며, 총 재배면적 대비 뒤영벌 사용면적 비율은 2011년 0.4%에서 2020년 2.7%로 상승함.

○ 반면에 수박과 참외의 경우, 뒤영벌 사용면적이 2011년 각각 104ha, 146ha에서 2020년 0ha로 100%의 감소율을 보임.

나) 과수류

○ 뒤영벌에 의한 사과 화분매개면적은 2011년 1,383ha에서 2020년 2,173ha로 연평균 5.1% 증가하였으며, 총 재배면적 대비 뒤영벌 사용면적 비율은 2011년 4.4%에서 2020년 6.6%로 소폭 증가함.

○ 뒤영벌에 의한 블루베리 화분매개면적은 2011년 31ha에서 2020년 177ha로 연평균 21.5% 증가하였으며, 총 재배면적 대비 뒤영벌 사용면적 비율은 2011년 2.8%에서 2020년 5.1%로 약 2배 증가함.

○ 뒤영벌에 의한 감 화분매개면적은 2011년 55ha에서 2020년 0.9ha로 급감(연평균 36.7% 감소)하였으나 복숭아 화분매개면적은 2011년 2ha에서 2020년 22ha로 연평균 29.1%의 높은 증가율을 보임. 그러나 총 재배면적 대비 뒤영벌 사용면적 비율은 2011년 0.0%, 2020년 0.1%로 미미한 수준임.

〈표 2-6〉 뒤영벌의 화분매개 면적 및 사용률 변화 추이

단위: ha, %

구분	총 재배면적				뒤영벌 사용면적				면적 기준 뒤영벌 사용률		
	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년
수박	12,995	12,572	9,324	-3.6	104	1.0	0.0	-100.0	0.8	0.0	0.0
딸기	5,681	6,306	6,421	1.4	22	292	175	25.7	0.4	4.6	2.7
토마토	5,850	6,976	5,707	-0.3	2,316	4,435	4,822	8.5	39.6	63.6	84.5
고추	4,814	4,878	4,254	-1.4	208	466	973	18.7	4.3	9.6	22.9
오이	3,478	3,338	3,963	1.5	0.0	7.0	38	-	0.0	0.2	1.0
참외	5,719	5,305	3,490	-5.3	146	0.0	0.0	-100.0	2.6	0.0	0.0
호박	2,990	3,396	3,060	0.3	134	30	25	-17.0	4.5	0.9	0.8
멜론	1,425	1,546	1,485	0.5	5	111	5	0.0	0.4	7.2	0.3
파프리카	429	709	728	6.1	65	42	64	-0.3	15.2	5.9	8.7
가지	283	-	243	-1.7	8	-	1	-19.0	2.8	-	0.5
사과	31,167	31,620	32,954	0.6	1,383	1,680	2,173	5.1	4.4	5.3	6.6
복숭아	13,795	16,704	20,634	4.6	2	4	22	29.1	0.0	0.0	0.1
감	14,299	11,849	8,639	-5.4	55	77	0.9	-36.7	0.4	0.6	0.0
자두	5,724	5,920	7,100	2.4	0.3	0.0	44	-	0.0	0.0	0.6
블루베리	1,082	4,290	3,447	13.7	31	25	177	21.5	2.8	0.6	5.1
체리	-	336	687	-	-	0	1	-	-	0.0	0.1
망고	-	42	76	-	-	2	36	-	-	100	100
패션프루트	-	11	17	-	-	0.0	1	-	-	0.0	7.1
합계	109,731	115,798	112,229	0.003	4,481	7,172	8,556	7.5	4.1	6.2	7.6

주: 증감률은 2011년부터 2020년 사이의 연평균 증감률을 의미함.

자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021).

2.2.3. 뿔가위벌류

가) 과수 작목

○ 과수 작목에서만 사용하는 뿔가위벌류는 주로 사과의 수분에 사용되는데, 2011년 이후 뿔가위벌류에 의한 화분매개면적이 급감함.

○ 사과의 경우, 2011년 1,928ha이던 화분매개면적이 연평균 48.6% 감소하여 2020년 5ha에 그침. 복숭아와 감의 경우, 2011년 각각 3ha, 5ha이던 화분매개면적이 2020년에는 통계에서 집계되지 않고 있음.

- 불가위벌류에 의한 화분매개면적이 감소한 이유는 서식지 파괴로 야외 채집이 어려워졌고 봉입률이 낮기 때문이라고 보고됨(국립농업과학원, 2021).

〈표 2-7〉 불가위벌류의 화분매개 면적 및 사용률 변화 추이

단위: ha, %

구분	총 재배면적				불가위벌 사용면적				면적 기준 불가위벌 사용률		
	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년
사과	31,167	31,620	32,954	0.6	1,928	633	5	-48.6	6.2	2.0	0.0
복숭아	13,795	16,704	20,634	4.6	3	0.0	0.0	-100.0	0.0	0.0	0.0
배	15,081	12,664	9,616	-4.9	0.0	5	0.0	-	0.0	0.0	0.0
감	14,299	11,849	8,639	-5.4	5	0.0	0.0	-100.0	0.0	0.0	0.0
합계	74,342	72,837	71,843	-0.004	1,936	638	5	-48.7	2.6	0.9	0.0

주: 증감률은 2011년부터 2020년 사이의 연평균 증감률을 의미함.

자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021).

2.3. 작목별 화분매개곤충 사용봉군율

2.3.1. 꿀벌

가) 과채류

○ 꿀벌 사용봉군율은 전체 투입된 꿀벌 중에서 각 작물 품목에 투입된 할당률을 의미함. 수박의 2020년 꿀벌 사용봉군율은 57.0%로 조사되었으며, 이는 전체 화분매개용 꿀벌의 57.0%가 수박 수분을 위해 사용되었다는 의미임.

- 수박 다음으로 사용봉군율이 높은 품목은 딸기로서 22.0%로 조사되었으며, 이어서 참외가 15.7%로 조사됨

○ 수박의 꿀벌 사용봉군수는 2011년 5만 4,802봉군에서 2020년 23만 2,789봉군으로 연평균 17.4% 증가하였으며, 2020년 기준 꿀벌 사용봉군율은 57.0%

임. 이에 반해 딸기의 꺾별 사용봉군수는 2011년 9만 7,073봉군에서 2020년 8만 9,888봉군으로 7,185봉군 감소하였으며, 꺾별 사용봉군율은 2011년 38.2%에서 2020년 22.0%로 감소함.

○ 참외의 꺾별 사용봉군수는 2011년 7만 3,978봉군에서 2020년 6만 4,125봉군으로 9,853봉군 감소하였으며, 2020년 기준 꺾별 사용봉군율은 15.7%임. 같은 기간에 멜론의 총 사용봉군수와 꺾별 사용봉군수는 각각 연평균 5.3%, 3.2% 감소함.

○ 고추의 경우 총 사용봉군수는 연평균 12.7% 증가하였고, 꺾별 사용봉군수는 연평균 2.2% 감소하여 꺾별 사용봉군율은 2011년 2.8%에서 2020년 1.4%로 감소함.

〈표 2-8〉 채소 작목에서 꺾별의 화분매개 사용봉군수 및 사용봉군율 변화 추이

단위: 봉군, %

구분	총 사용봉군수				꺾별 사용봉군수				꺾별 사용봉군율		
	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년
수박	57,023	167,815	232,789	16.9	54,802	167,791	232,789	17.4	21.6	50.0	57.0
딸기	97,646	93,634	96,323	-0.2	97,073	87,818	89,888	-0.9	38.2	26.2	22.0
토마토	41,715	100,769	149,032	15.2	513	77	0	-100.0	0.2	0.0	0.0
고추	7,223	15,957	21,169	12.7	7,123	11,299	5,807	-2.2	2.8	3.4	1.4
오이	15	168	285	38.7	15	0	0	-100.0	0.0	0.0	0.0
참외	75,537	54,750	64,125	-1.8	73,978	54,750	64,125	-1.6	29.1	16.3	15.7
호박	331	526	666	8.1	222	393	501	9.5	0.1	0.1	0.1
멜론	24,905	14,590	15,253	-5.3	20,263	13,332	15,113	-3.2	8.0	4.0	3.7
파프리카	1,893	225	1,531	-2.3	183	0	0	-100.0	0.1	0.0	0.0
가지	568	-	101	-17.5	0	-	81	-	0.0	-	0.0
여주	-	20	74	-	-	20	74	-	-	0.0	0.0
양파 채종	-	833	287	-	-	0	0	-	-	0.0	0.0
합계	306,856	449,287	581,635	7.4	254,172	335,480	408,378	5.4	100.0	100.0	100.0

주 1) 꺾별 및 혼합사용(꺾별 및 뒤영별) 사용봉군수를 합산한 자료임.

2) 증감률은 2011년부터 2020년 사이의 연평균 증감률을 의미함.

자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021).

나) 과수류

- 사과와 꿀벌 사용봉군수는 2011년 7,403봉군에서 2020년 1만 4,250봉군으로 연평균 7.5% 증가하였고, 사과의 꿀벌 사용봉군율은 2011년 31.3%에서 2020년 55.8%로 1.5배 이상 증가함.
- 배와 감은 2011~2020년 기간에 총 사용봉군수 감소율과 꿀벌 사용봉군수 감소율이 비슷하게 나타났으며, 꿀벌 사용봉군율은 2020년 기준 배 11.2%, 감 8.7%임. 자두의 경우, 2011~2020년 기간의 꿀벌 사용봉군수 증가율이 연평균 22.8%로 크게 증가했고 꿀벌 사용봉군율이 2011년 1.1%에서 2020년 6.6%로 증가함.
- 2011~2020년 기간에 꿀벌 사용봉군수가 크게 감소한 작목은 배와 복분자로 각각 연평균 7.2%, 40.3%의 감소율을 보임. 배의 경우 2011년 23.6%에서 2020년 11.2%로, 복분자의 경우 2011년 10.6%에서 2020년 0.1%로 급감함.

〈표 2-9〉 과수 작목에서 꿀벌의 화분매개 사용봉군수 및 사용봉군율 변화 추이

단위: 봉군, %

구분	총 사용봉군수				꿀벌 사용봉군수				꿀벌 사용봉군율		
	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년
사과	24,137	19,143	18,524	-2.9	7,403	11,467	14,250	7.5	31.3	53.9	55.8
복숭아	2,264	91	547	-14.6	2,223	66	282	-20.5	9.4	0.3	1.1
배	5,588	2,139	2,866	-7.2	5,588	2,134	2,866	-7.2	23.6	10.0	11.2
감	4,572	3,943	2,238	-7.6	4,450	3,705	2,229	-7.4	18.8	17.4	8.7
자두	271	42	1,948	24.5	266	42	1,688	22.8	1.1	0.2	6.6
블루베리	1,667	1,797	4,008	10.2	1,241	1,251	1,227	-0.1	5.2	5.9	4.8
키위	-	50	12	-	-	50	12	-	-	0.2	0.0
복분자	2,500	696	24	-40.3	2,500	696	24	-40.3	10.6	3.3	0.1
체리	-	30	18	-	-	30	8	-	-	0.1	0.0
산딸기	-	1,420	1,924	-	-	1,420	1,924	-	-	6.7	7.5
석류	12	39	39	14.0	12	39	39	14.0	0.1	0.2	0.2

(계속)

구분	총 사용봉군수				꿀벌 사용봉군수				꿀벌 사용봉군율		
	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년
생대추	-	8	120	-	-	8	120	-	-	0.0	0.5
구기자	-	312	843	-	-	312	843	-	-	1.5	3.3
망고	-	565	820	-	-	26	17	-	-	0.1	0.1
패션프루트	-	15	43	-	-	15	0	-	-	0.1	0.0
합계	41,011	30,290	33,974	-2.1	23,683	21,261	25,529	0.8	100.0	100.0	100.0

주 1) 꿀벌 및 혼합사용(꿀벌 및 뒤영벌) 사용봉군수를 합산한 자료임. 단, 사과는 화분매개곤충으로 꿀벌, 뒤영벌, 벌가위벌류를 혼합 사용함.

2) 증감률은 2011년부터 2020년 사이의 연평균 증감률을 의미함.

자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021).

2.3.2. 뒤영벌

가) 과채류

○ 토마토의 뒤영벌 사용봉군수는 2011년 4만 1,202봉군에서 2020년 14만 9,032봉군으로 연평균 15.4% 증가하였으며, 2020년 기준 뒤영벌 사용봉군율은 86.2%에 달해 대부분의 뒤영벌이 토마토 수분에 이용되는 것으로 판단됨.

○ 고추의 뒤영벌 사용봉군수는 2011년 100봉군에서 2020년 1만 5,362봉군으로 급증하였으며(연평균 증가율 75.0%), 뒤영벌 사용봉군율도 2011년 0.2%에서 2020년 8.9%로 급증함. 딸기의 경우, 뒤영벌 사용봉군수가 2011년 573봉군에서 2020년 6,435봉군으로 연평균 30.8% 증가하였으나, 채소 작목의 뒤영벌 사용봉군수에서 딸기의 뒤영벌 사용봉군수가 차지하는 비율은 2020년 기준 3.7%임.

○ 파프리카는 2020년 기준 사용봉군수의 100%가 뒤영벌을 사용하고 있으며, 사용봉군수는 2011년 1,710봉군에서 2020년 1,531봉군으로 다소 감소함.

멜론의 뒤영벌 사용봉군수는 2011년 4,642봉군에서 2020년 140봉군으로 급감하였으며(연평균 감소율 32.2%), 2020년 기준 뒤영벌 사용봉군율은 0.1%에 그침.

- 수박과 참외는 2011~2020년 기간에 뒤영벌 사용봉군수가 100% 감소한 것으로 조사됨. 2020년 기준 뒤영벌 사용봉군율이 0.2%인 오이는 뒤영벌 사용봉군수가 2011년 0봉군에서 2020년 285봉군으로 증가함.

〈표 2-10〉 채소 작목에서 뒤영벌의 화분매개 사용봉군수 및 사용봉군율 변화 추이

단위: 봉군, %

구분	총 사용봉군수				뒤영벌 사용봉군수				뒤영벌 사용봉군율		
	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년
수박	57,023	167,815	232,789	16.9	2,221	24	0	-100.0	4.2	0.0	0.0
딸기	97,646	93,634	96,323	-0.2	573	5,816	6,435	30.8	1.1	5.1	3.7
토마토	41,715	100,769	149,032	15.2	41,202	100,692	149,032	15.4	78.2	89.1	86.2
고추	7,223	15,957	21,169	12.7	100	4,658	15,362	75.0	0.2	4.1	8.9
오이	15	168	285	38.7	0	168	285	-	0.0	0.1	0.2
참외	75,537	54,750	64,125	-1.8	1,559	0	0	-100.0	3.0	0.0	0.0
호박	331	526	666	8.1	109	133	165	4.7	0.2	0.1	0.1
멜론	24,905	14,590	15,253	-5.3	4,642	1,258	140	-32.2	8.8	1.1	0.1
파프리카	1,893	225	1,531	-2.3	1,710	225	1,531	-1.2	3.2	0.2	0.9
가지	568	-	101	-17.5	568	-	20	-31.1	1.1	-	0.0
합계	306,856	449,287	581,635	7.4	52,684	112,974	172,970	14.1	100.0	100.0	100.0

주: 증감률은 2011년부터 2020년 사이의 연평균 증감률을 의미함.

자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021).

나) 과수류

- 사과와의 뒤영벌 사용봉군수는 2011년 6,991봉군에서 2020년 4,258봉군으로 연평균 5.4% 감소하였고, 뒤영벌 사용봉군율은 2011년 92.4%에서 2020년 52.1%로 감소함.

○ 블루베리의 경우, 뒤영벌 사용봉군수가 2011년 426봉군에서 2020년 2,781봉군으로 6배 이상 증가하였으며(연평균 증가율 23.2%), 뒤영벌 사용봉군율은 2011년 5.6%에서 2020년 34.0%로 6배 이상 증가함.

○ 복숭아의 뒤영벌 사용봉군수는 2011년 34봉군에서 2020년 265봉군으로 연평균 25.6% 증가하였으며, 뒤영벌 사용봉군율은 2011년 0.4%에서 2020년 3.2%로 증가함.

○ 자두의 뒤영벌 사용봉군수는 2011년 5봉군에 2020년 260봉군으로 연평균 55.1% 증가하였으며, 뒤영벌 사용봉군율은 2011년 0.1%에서 2020년 3.2%로 증가함. 반면에 감의 뒤영벌 사용봉군수는 2011~2020년 기간에 연평균 24.4% 감소하여 2020년 기준 뒤영벌 사용봉군율이 0.1%에 그침.

〈표 2-11〉 과수 작목에서 뒤영벌의 화분매개 사용봉군수 및 사용봉군율 변화 추이

단위: 봉군, %

구분	총 사용봉군수				뒤영벌 사용봉군수				뒤영벌 사용봉군율		
	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년	증감률	2011년	2016년	2020년
사과	24,137	19,143	18,524	-2.9	6,991	5,266	4,258	-5.4	92.4	85.9	52.1
복숭아	2,264	91	547	-14.6	34	25	265	25.6	0.4	0.4	3.2
감	4,572	3,943	2,238	-7.6	111	238	9	-24.4	1.5	3.9	0.1
자두	271	42	1,948	24.5	5	0	260	55.1	0.1	0.0	3.2
블루베리	1,667	1,797	4,008	10.2	426	546	2,781	23.2	5.6	8.9	34.0
체리	-	30	18	-	-	0	10	-	-	0.0	0.1
망고	-	565	820	-	-	55	545	-	-	0.9	6.7
패션프루트	-	15	43	-	-	0	43	-	-	0.0	0.5
합계	41,011	30,290	33,974	-2.1	7,567	6,130	8,171	0.9	100.0	100.0	100.0

주: 증감률은 2011년부터 2020년 사이의 연평균 증감률을 의미함.

자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021).

2.3.3. 뽕가위벌류

○ 사과와 뽕가위벌류 사용봉군수는 2011년 9,743봉군에서 2016년 2,415봉군, 2020년 16봉군으로 연평균 51% 감소하였으며, 2020년 기준 16봉군 모두 사과에 사용됨. 감과 복숭아, 배의 경우 2011년에 각각 뽕가위벌류를 소량 사용하였으나, 2020년에는 통계에서 집계되지 않고 있음.

- 이는 앞서 언급했듯이 뽕가위벌류의 서식지 환경 악화로 야외 증식과 채집이 더 이상 어렵기 때문인 것으로 보임(국립농업과학원, 2021).

2.4. 화분매개곤충 사용농가수

○ 화분매개곤충 사용농가수는 2011년 5만 8,256농가에서 2020년 6만 4,049농가로 연평균 1.1% 증가함.

○ 가장 큰 비중을 차지하는 꿀벌 사용농가수는 2011년 4만 5,582농가에서 2020년 4만 3,352농가로 연평균 0.6% 감소하였으며, 꿀벌과 뒤영벌의 혼합 사용농가는 2011년 2,683농가에서 2020년 4,396농가로 연평균 5.6% 증가하였음.

○ 뒤영벌 사용농가수가 2011년 8,204농가에서 2020년 16,217농가로 8,013농가가 증가하여 혼합사용을 제외한 4종류의 화분매개곤충 중에서 유일하게 증가 양상을 나타냄(연평균 7.9% 증가).

- 파리류 사용농가수는 2016년 135농가에서 2020년 77농가로 연평균 13.1% 감소하였으며, 뽕가위벌류의 경우 사용농가수가 2011년 1,787농가에서 2020년 7농가로 급감하여 연평균 46.0% 감소한 것으로 조사됨.

〈표 2-12〉 곤충 종류별 사용농가수

단위: 가구, (%)

구분	사용농가수	꿀벌	뒤영벌	불가위벌	혼합사용	파리류
2011년	58,256	45,582(78.2)	8,204(14.1)	1,787(3.1)	2,683(4.6)	-
2016년	55,208	39,823(72.1)	12,078(21.9)	631(1.1)	2,541(4.6)	135(0.2)
2020년	64,049	43,352(67.7)	16,217(25.3)	7(0.0)	4,396(6.9)	77(0.1)
2011/2020년 연평균 증감률	1.1%	-0.6%	7.9%	-46.0%	5.6%	-13.1%

주 1) 파리류 사용농가수의 연평균 증감률은 기간이 2016년부터 2020년까지임.

2) 괄호 안의 퍼센티지는 해당 연도의 전체 사용농가수 대비 곤충 종류별 사용농가수의 비율임.

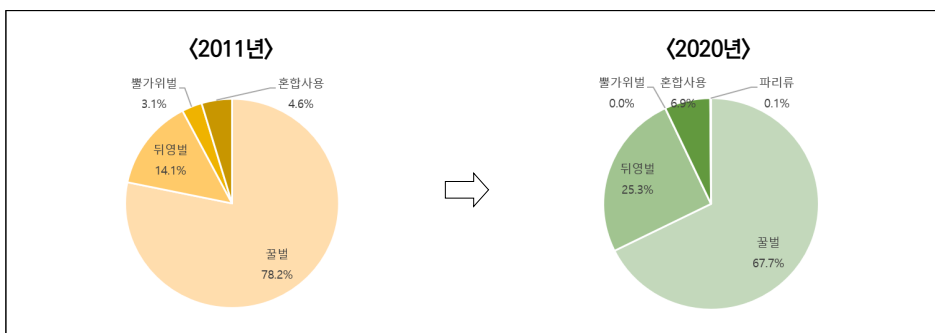
자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021).

○ 2011년 대비 2020년 곤충 종류별 화분매개농가수 비율을 비교하면, 꿀벌은 2020년 전체 화분매개곤충 사용농가의 67.7%에서 사용하였으나 2011년 대비(78.2%) 10.5%p 감소한 것으로 나타남.

○ 뒤영벌이 2020년 화분매개농가의 25.3%를 차지하였으며 2011년 대비(14.1%) 11.2%p 증가함. 꿀벌과 뒤영벌의 혼합사용은 6.9% 차지하였고 2011년 4.6% 대비 2.3%p 증가함.

○ 이는 과거 화분매개를 주로 꿀벌에 의존하였으나, 현재는 작물별 특성에 적합하게 꿀벌과 뒤영벌을 선택하여 사용하기 때문으로 판단됨.

〈그림 2-2〉 곤충 종류별 화분매개농가수 비율 변화



자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021).

제3장

화분매개곤충 지원 정책



3

화분매개곤충 지원 정책

1. 국내 화분매개 지원 정책

○ 2020년 시행된 양봉산업 육성 및 지원에 관한 법률은 양봉산업의 특수성을 반영하고 동시에 지원 방안을 제시하고 있음.

- 양봉산업 육성법은 꿀벌 신품종 육성, 밀원식물 조성, 전업 양봉농가 조직화 지원 등 해당 산업의 특수성을 반영하고 있음. 곤충산업 육성법 및 축산법에 양봉산업 관련 내용이 일부 포함되나, 특수성은 반영되지 못하는 한계가 있음.

〈표 3-1〉 양봉산업 육성법과 양봉관련법안 비교

구분	곤충산업 육성법	양봉산업 육성법	축산법
범위	곤충사업 전반	양봉산업	축산업 전반
관계	상위법	하위법	-
산업기준	제시	미제시	제시
지원시스템 규정	규정	미규정	규정

자료: 길청순 외(2021).

○ 농림축산식품부는 2022년 6월 양봉산업 5개년 종합계획을 발표함. 본 계획에는 화분매개용 꿀벌 이용 활성화를 위해 농진청과 지자체(도원)가 연계하여 공동 연구 및 공급체계를 구축하며, 한국양봉협회와 과수조합 간의 업무협약 체결을 통해 지원 방안을 모색하는 안건이 제시됨.

- 또한 양봉협회 홈페이지에 화분매개용 꿀벌 공급 사이트 운영을 예정하고 있음.

○ 이와 함께 농진청·검역본부·지자체 등을 연계하여 화분매개용 꿀벌 활성화 정책을 추진할 예정임.

- 농식품부는 화분매개용 꿀벌 이용 활성화를 위한 제도 정비를 담당하며, 농진청은 활성화를 위한 연구개발, 검역본부는 꿀벌 방역관리 기술 개발을 담당함.
- 지자체는 양봉산업 지원 조례를 마련하고 이를 근거로 화분매개용 꿀벌 생산자 및 이용자 대상 기술교육을 지원할 예정이며, 협회는 화분매개 관련 현장 애로사항을 수렴하여 관련기관에 전달할 방침임.

〈표 3-2〉 양봉산업 조례 제정 지자체 현황

구분	자치단체(광역시·도)	자치단체(시·군)	관련 내용
산업 육성 및 지원	대구광역시	달성군	대구광역시 달성군 양봉산업 육성·지원 조례
	강원도	속초시	강원도 및 속초시 양봉산업 육성·지원 조례
	경기도	남양주시, 안양시	경기도 및 남양주시, 안양시 양봉산업 육성·지원 조례
	충청남도	서산시, 서천군	충청남도 및 서산시, 서천군 양봉산업 육성·지원 조례
	충청북도	단양군, 옥천군	단양군 및 옥천군 양봉산업 육성·지원 조례
	경상북도	경주시, 칠곡군	경상북도 및 경주시, 칠곡군 양봉산업 육성·지원 조례
	경상남도	-	경상남도 양봉산업 육성·지원 조례
	전라북도	남원시, 정읍시, 임실군	전라북도 및 남원시, 정읍시, 임실군 양봉산업 육성·지원 조례
산업 지구	전라남도	강진군, 구례군, 장흥군	전라남도 및 강진군, 구례군, 장흥군 양봉산업 육성·지원 조례
	경상북도	칠곡군	칠곡군 꿀벌나라 테마공원 관리 및 운영조례
	충청북도	괴산군	괴산군 꿀벌랜드 운영 및 관리 조례

자료: 김청순 외(2021).

2. 해외 화분매개 지원 정책

2.1. 미국

2.1.1. 꿀벌 및 기타 화분매개체의 건강 증진을 위한 국가 전략

- 2014년 미국 오바마 대통령은 대통령 메모(Presidential Memorandum)를 통해 농무부와 환경보호청이 공동으로 주관하는 ‘화분매개체 건강 태스크포스(Pollinator Health Task Force)’를 조직하여 꿀벌과 기타 화분매개체의 건강을 증진하는 연방 전략을 수립하도록 지시함(The White House, 2014).
- 이에 따라 화분매개체 건강 태스크포스는 2015년에 ‘꿀벌 및 기타 화분매개체의 건강 증진을 위한 국가 전략’⁴⁾을 발표함(Pollinator Health Task Force, 2015).
- ‘꿀벌 및 기타 화분매개체의 건강 증진을 위한 국가 전략’에 따른 국가 전략은
 - ① 화분매개체 감소에 관한 연구, ② 공공 교육 프로그램 및 홍보 확대, ③ 화분매개체 서식지 개선, ④ 민관 협력으로 구성되어 있음.
 - 꿀벌의 군집붕괴 현상을 15% 감소시키는 것과 제왕나비 개체 수 확대, 화분매개체 서식지 회복·증가 등을 전략 목표로 설정함.

〈표 3-3〉 ‘꿀벌 및 기타 화분매개체의 건강 증진을 위한 국가 전략’상 목표

구분	목표 1	목표 2	목표 3
대상	꿀벌	제왕나비	화분매개체 서식지 면적
기한	2025년까지	2020년까지	2020년까지

⁴⁾ National Strategy to Promote the Health of Honey Bees and Other Pollinators.

(계속)

구분	목표 1	목표 2	목표 3
목표	꿀벌의 군집붕괴 현상을 15% 이내로 줄일 것	멕시코에서 월동하는 제왕나비 개체 수를 2억 2,500만 마리 (대략 6ha의 면적을 차지)로 늘릴 것	화분매개체 서식지를 700만 에이커로 회복 또는 증가시키는 것
수단	-	국내/국제 행동, 민간 협력	연방 행동, 민간 협력

자료: Pollinator Health Task Force(2015, p.10).

가) 화분매개체 연구 실행 계획

○ 정부의 토지 관리와 규제 정책을 뒷받침하는 과학 연구는 꿀벌 및 기타 화분매개체의 건강 증진을 위한 국가 전략의 핵심적인 요소로 ‘화분매개체 건강 태스크포스’는 별도로 ‘화분매개체 연구 실행 계획(Pollinator Research Action Plan)’을 마련함. ‘화분매개체 연구 실행 계획’에서는 화분매개체 건강에 영향을 미치는 요인과 관련하여 화분매개체 연구가 필요한 영역을 개괄하고 있음.

○ 연구가 필요한 영역은 다음과 같은 5개의 주요 영역임.

- 개체군 동향 및 기초 생물학: 화분매개체 개체군의 상태 평가를 위해 기준 조건을 설정하기 위한 항목 작성과 기준으로부터 벗어난 편차를 발견하고 이러한 편차의 원인을 규명하기 위한 모니터링 및 종단 연구가 필요함.
- 사육별 대상: 양봉업자를 대상으로 관리 실패 및 벌집 손실 등에 대한 분기별 및 연별 조사, 벌집 건강을 모니터링하기 위한 기술 발전이 우선순위임. 야생 화분매개체의 경우, 종 분포, 개체군 패턴, 서식지 이용에 대한 연구가 필수적임.
- 환경적 스트레스 인자: 많은 환경인자가 화분매개체 개체군에 영향을 줄 가능성이 있음. 개별 스트레스 인자에 대한 정보와 더불어 특히 살충제, 진드기 기생충의 치명적인 영향과 관련한 스트레스 인자 간의 상호작용에 대

한 정보가 필요함. 군집 감염을 안전하고 효과적으로 관리할 수 있는 꿀벌용 진드기 살충제 개발에 연구의 초점을 두어야 함. 또한 개별 스트레스 인자들이 어떻게 서로 상호작용하여 꿀벌과 기타 화분매개체의 개체 수가 감소하는지에 대한 정보가 필요함.

- 토지 관리: 최적의 토지 관리는 천연자원에 대한 고려뿐 아니라 사회경제적 영향을 받기 때문에 복잡함. 사실상 모든 토지 관리에 대한 의사결정은 이러한 요소들 간의 암묵적인 또는 명시적인 상충관계에 대한 정보를 요구함. 화분매개체에 대한 해당 결정의 영향을 이해하고 예측하는 데 도움이 되도록 의사결정자를 지원하는 툴이 필요함.
- 서식지 복원: 화분매개체 개체군은 식물 개체군(특히, 자생식물)에 직접적으로 의존함. 효과적인 서식지 복원은 해당 화분매개체 종에 적절하고 단기에 추진 가능하며 장기적으로 지속 가능해야 함. 더 많은 우수 화분매개체 서식지를 조성하기 위해서는 화분매개체 서식지 최적지 선별, 적절한 종자 혼합(seed mixtures)을 통한 해당 서식지의 복원, 적응 관리를 위한 서식지 모니터링에 관한 연구가 필요함.
- 지식 큐레이션: 장기적인 모니터링과 견실한 연구를 위해서는 폭넓고 잘 큐레이트된 지식 기반(즉, 데이터 공유, 정보 처리 상호 운용성, 정보 과학)이 필요함. 전장유전체분석(whole-genome sequencing)과 같은 신기술에서 발생한 데이터와 지리 데이터를 거쳐 검증된 개별 표본에서 발생한 전통적인 데이터를 포함함. 정보 저장 능력은 최근 몇 년간 기하급수적으로 성장함. 생물학적 조직(biological organization)의 여러 층위를 포괄하는 데이터의 유지와 공유는 쇠락과 생존의 양상을 이해하는 데 도움이 됨.

나) 화분매개체 공공 교육 및 홍보

○ ‘화분매개체 건강 태스크포스’는 공공 교육과 홍보 전략의 대상으로 개인, 소

상공인, 기업, 학교·도서관·박물관 등 교육시설, 인구학적으로 다양한 청중, 유기농 인증자, 연방 토지 관리 직원을 설정함. 이미 이러한 다양한 주체들의 참여를 요청하기 위한 교육 및 홍보 자료, 프로그램, 매체가 존재하며, 자료가 존재하지 않는 경우에는 각각의 연방기관에서 개발할 예정임. 화분매개체 공공 교육 및 홍보의 네 가지 핵심 원칙은 다음과 같음.

- 첫째, 화분매개체 보존은 국가적 책임임.
- 둘째, 미국은 인구학적으로 다양성을 띠기 때문에 소통, 교육, 홍보와 관련한 맞춤형 전략이 요구됨. 핵심 메시지는 각각의 대상 청중과 연관되고 다문화 청중이 잘 이해할 수 있어야 함.
- 셋째, 한 사람의 행동도 변화를 이끌어 낼 수 있음. 모든 시민은 화분매개체 보존에 기여할 수 있으며 유의미한 방식으로 참여할 기회를 가져야 함.
- 넷째, ‘대통령 메모’를 이행하는 정부기관은 화분매개체 보존과 관련하여 시민을 파트너로 교육하고 권한을 부여해야 함.

○ ‘대통령 메모’를 이행하기 위해 미국 정부기관에서 현재 추진하고 있는 활동은 다음과 같음.

- 화분매개체 홍보 기관 간 톨킷 개발: 화분매개체 공공 홍보 톨킷 개발은 미국의 국립공원관리청(National Park Service)에서 주도함. 톨킷에는 언론 보도, 포스터, 이벤트 규약, 책자에 대한 견본을 포함하며, 다른 연방정부 기관, 주정부 기관, 지역 기관 및 원주민 자치구역과 함께 톨킷을 개발함. 또한 국립공원관리청은 화분매개체를 주제로 한 전국적인 ‘생물 다양성 발견 이벤트(Biodiversity Discovery Events)’와 같은 시민 과학 행사를 200개 국립공원관리청 산하의 공원에서 개최하여 국립공원관리청 ‘생물 다양성 청년 대사(Biodiversity Youth Ambassadors)’와 함께 그들의 학교와 지역 사회에서 화분매개체 중심의 신규 프로젝트를 추진할 예정임.

- 학교 사회와 화분매개체 교육 및 서식지 자원의 연결: 미국의 교육부 초록 리본 학교(Department of Education Green Ribbon Schools)는 모범적인 환경 실천 및 자원을 강조함으로써 학교, 지역, 고등교육기관이 발전할 수 있도록 하기 위해 2011년에 설립됨. 교육부는 2012년부터 2015년까지 첫 번째 표창 기간에 280개가 넘는 학교, 지역, 고등교육기관에 상을 수여함. 거의 모든 학교에 자생식물 정원, 텃밭, 화분매개체 정원, 공인 야생동물 서식지, 제왕나비 쉼터(Monarch Waystations) 등이 있음. 교육부는 자생 화분매개체 정원 설치에 초점을 둔 연방정부 기관과 비영리단체가 제공하는 자원 링크와 웨비나를 추가할 예정임.
- 청년과 가족의 화분매개체 교육 프로그램 참여: 미국 농무부는 화분매개체 교육 자료를 배포하고, 주 단위와 지역 단위에서 4-H, 교실 속 농업(Agriculture in the Classroom), 기타 청년 홍보 노력을 통해 화분매개체 교육 프로그램을 촉진할 예정임.
- 농민과 양봉업자에 대한 공공 홍보 확대: 미국 농무부는 화분매개체의 건강을 증진하기 위해 화분매개체 파트너십(Pollinator Partnership), 전미 양봉연합(American Beekeeping Federation), 전미벌꿀생산자협회(American Honey Producers Association), 캘리포니아아몬드위원회(Almond Board of California), 꿀벌건강연합(Honey Bee Health Coalition) 등 다양한 이해관계자와 협력하고 있음. 농무부는 양해 각서를 체결하여 농무부 프로그램에 대한 이해를 높이기 위해 웨비나를 제공함. 농무부 자연자원보호국(USDA-NRCS)은 경지에 대한 보존 지원뿐 아니라 벌들이 겪고 있는 어려움에 대한 대중의 이해를 돕기 위해 책자와 포스터를 개발함.

2.1.2. 지역 맞춤형 관리된 화분매개체 보호 계획

○ 미국 환경보호청(Environmental Protection Agency)은 2017년에 농업용 살충제 살포로부터 화분매개 서비스를 제공하는 벌을 보호하기 위해 ‘벌에 대한 살충제 제품의 급성 위험을 완화하기 위한 정책’⁵⁾을 발표⁶⁾함.

- 해당 정책에는 라벨 변경을 통한 살충제 노출 감소와 개별 주 정부에 의한 ‘관리된 화분매개체 보호 계획(Managed Pollinator Protection Plans: MP3)’ 수립에 대한 권고를 담고 있음. 2019년을 기준으로 39개 주에서 ‘관리된 화분매개체 보호 계획’⁷⁾을 수립함.

○ ‘관리된 화분매개체 보호 계획’은 지역의 특수성을 반영한 화분매개체 보호 계획으로 살충제 살포 지역 및 그 외 지역에서 벌에 대한 잠재적인 살충제 노출 문제를 해결하는 것이 목적임. 주 정부는 지역의 화분매개체 특수성을 반영하여 화분매개체 보호 계획의 범위를 설정할 수 있음.

- 주 정부는 살충제 관련 위험을 관리된 벌(managed bees)뿐만 아니라 야생 곤충 및 비곤충 화분매개체를 포함한 모든 화분매개체에 적용할 수 있음.

○ 환경보호청의 권고에 따라 워싱턴 주 농무부는 2018년에 ‘관리된 화분매개체 보호 계획’을 발표함. 계획의 목표는 양봉업자, 농업인, 살충제 살포자, 그 밖에 살충제 산업 관련자와 화분매개체 보호 단체 간의 소통과 협력을 장려하는 것이라고 밝힘.

- 해당 계획은 각 주체별 행동지침과 더불어 관리된 꿀벌 개체 수 감소를 해결하기 위해 평가해야 할 요소로 서식지 부족, 질병과 해충, 유전적 다양성 부족, 영양 결핍, 살충제를 명시함.

⁵⁾ Policy to Mitigate the Acute Risk to Bees from Pesticide Products.

⁶⁾ U.S. Environmental Protection Agency 2017.

⁷⁾ Association of American Pesticide Control Officials 2019.

2.1.3. 2021년 미국 농무부 화분매개체 프로그램

- 미국 농무부는 2018년 농업법⁸⁾과 ‘화분매개체 보건 전문위원회’⁹⁾의 권고에 따라 ‘화분매개체 전략적 우선순위 및 목표 연간 보고서’¹⁰⁾를 발간하여 화분매개체 관련 연구 및 프로그램 우선순위를 발표¹¹⁾함.
- 미국 농무부의 화분매개체 프로그램은 농무부 산하의 각 기관에 의해 세부 프로그램 형태로 운영되고 있음.
 - 농업연구소(Agricultural Research Service: ARS)는 꿀벌 사육(루이지애나주 배턴루지), 꿀벌 해충 및 질병(메릴랜드주 벨츠빌), 꿀벌 영양(애리조나주 투산), 꿀벌속(Apis) 외 벌(유타주 로건) 등 기능적으로 분화된 벌 연구를 수행하는 여러 개의 연구소를 두고 있음.
 - 경제연구소(Economic Research Service: ERS)는 농업 부문의 동향을 조사하고 새로운 이슈를 예측하는 임무의 일환으로 화분매개체와 관련하여 폭넓은 경제학적 분석을 수행함. 경제연구소는 보고서를 통해 수분 서비스, 꿀벌 군집 붕괴(honey bee colony loss) 현상 가속화에 대한 양봉농가와 수분 시장의 대응, 토지 이용 변화가 화분매개체 먹이 확보에 미치는 영향 등의 주제를 다루어 왔음.
 - 국립식품농업연구소(National Institute of Food and Agriculture: NIFA)는 화분매개체 연구를 수행하는 토지불하기관(Land-Grant institutions)을 포함한 대학에 보조금을 지급함. 또한 국립식품농업 연구소는 화분매개체 건강과 관련한 이해당사자에게 정보 및 기술 이전을 위해 협력지도체계를 통해 미국의 토지 불하 기관과 카운티에 재정을 지원함.

⁸⁾ Agricultural Improvement Act of 2018.

⁹⁾ Pollinator Health Task Force.

¹⁰⁾ Annual Strategic Pollinator Priorities and Goals Report.

¹¹⁾ U.S. Department of Agriculture 2021.

- 농업진흥청(Farm Service Agency)은 보전유보 프로그램(Conservation Reserve Program)을 담당함. 보전유보 프로그램은 농지휴경 프로그램으로 환경적으로 민감한 토지에서 농업생산을 하는 대신에 화분매개체 및 야생동물 서식지와 같이 환경질을 높일 수 있는 작물을 재배하도록 경작자와 장기 임대 계약을 체결함.
- 위험관리국(Risk Management Agency: RMA)은 ‘가축, 꿀벌 및 양식 어류 긴급 지원 프로그램’¹²⁾을 운영함. ‘가축, 꿀벌 및 양식 어류 긴급 지원 프로그램’은 질병, 특정한 날씨 또는 손실 조건으로 발생한 손실에 대해 자격이 있는 꿀벌 생산자를 대상으로 재정 지원을 제공함. 해당 재정 지원은 2014년 농업법(2014 Farm Bill)과 2018년 양당예산법(Bipartisan Budget Act of 2018)에서 승인한 여타의 재해지원 프로그램에서는 보상하지 않는 손실에 한함.
- 자연자원보전청(Natural Resources Conservation Service: NRC)은 화분매개체에 이익이 되는 다양한 경작농지 보전 프로그램¹³⁾을 운영하고 있음. 경작 중인 농지에 보전 활동을 수행하면 경작자에게 일부 비용을 보전하거나 컨설팅과 기술지원을 제공함. 대부분의 보전 활동이 목초지 개선이나 토양 침식 감소를 목표로 하고 있지만, 보전 활동에 약간의 변형을 통해 화분매개체에 이익을 가져다줄 수 있음.
- 산림청(Forest Service)은 산림과 농업 생태계에서 화분매개체의 역할에 대한 연구를 수행함. 산림청은 혼농임업(agroforestry)을 통해 화분매개체를 지원하는 과학적인 근거를 수집하고 가이드라인을 수립함.

¹²⁾ Emergency Assistance for Livestock, Honey Bees, and Farm-Raised Fish.

¹³⁾ Working Lands Conservation Programs.

2.2. 영국

○ 영국 환경식품농촌부¹⁴⁾는 벌과 다른 화분매개곤충의 상태를 개선하고 현재 개체군에 대한 이해를 증진하기 위해 2014년에 10개년 계획인 ‘국가 화분매개체 전략(National Pollinator Strategy)’을 수립¹⁵⁾함.

○ ‘국가 화분매개체 전략’의 비전은 화분매개체가 야생식물, 자연환경, 식량생산 등에 이익을 가져다주는 동시에 꽃과 작물을 수분하는 서비스를 지속적으로 수행하기 위해 화분매개체가 번창하도록 하는 것임. 이를 위해 5개의 영역을 설정하고 주체별 최우선 과제와 조치를 명시함.

- 5개 주요 영역은 농지에 있는 화분매개체 지원, 마을·도시·농촌에 있는 화분매개체 지원, 해충 및 질병 위험에 대한 대응 강화, 화분매개체의 생존과 번창을 위해 필요한 요소에 대한 인식 제고, 화분매개체 상태 및 서비스에 대한 자료 수집임.

〈표 3-4〉 영국의 ‘국가 화분매개체 전략’의 5개 영역별 주요 내용

구분	주요 내용
1. 농지에 있는 화분매개체 지원	<ul style="list-style-type: none"> • 공동농업정책(CAP) 및 먹이·서식처를 제공하는 자율적인 노력을 통해서 화분매개체를 지원하기 위해 농업인과 협력 • 통합해충관리(Integrated Pest Management)를 포함한 최선의 농법을 통해서 살충제 사용과 관련한 화분매개체에 대한 위험 최소화
2. 마을·도시·농촌에 있는 화분매개체 지원	<ul style="list-style-type: none"> • 먹이, 서식처 제공을 목적으로 토지 관리에 간단한 변화를 촉진하기 위해 대토지 소유자, 그들의 조연자, 계약자, 시설 관리자와 협력 • 공공 및 생활편의시설 관리자, 공익사업 및 운송 회사, 재개발 단지 관리자, 지역 당국, 개발자, 도시 계획을 포함한 네트워크를 구축하여 우수 관리 확립을 통한 화분매개체 지원 • 시민들이 공동체 텃밭, 자연보호구역 봉사활동 등의 기회를 통하거나 정원, 주말농장, 창가 화단, 발코니에서 화분매개체 친화적인 조치를 위하도록 장려

¹⁴⁾ Department for Environment, Food and Rural Affairs.

¹⁵⁾ U.K. Department for Environment, Food and Rural Affairs 2014.

(계속)

구분	주요 내용
3. 해충 및 질병 위험에 대한 대응 강화	<ul style="list-style-type: none">• 벌 군집의 회복력을 강화하기 위해 양봉업자의 사육 및 관리 기법을 보다 개선하는 동시에 꿀벌에 대한 해충 및 질병 위험 해결을 위한 노력• 고가의 작물 생산에 사용되는, 상업적으로 생산된 화분매개체와 관련한 해충 및 질병 위험을 지속적으로 점검
4. 화분매개체의 생존과 번창을 위해 필요한 요소에 대한 인식 제고	<ul style="list-style-type: none">• 벌의 필요(Bees' Needs)의 일환으로 토지 소유자, 관리자, 정원사에게 추가 조언 개발 및 확산• 최신 증거에 기반한 화분매개체 지원이 가능하도록 과학자, 보전 전문가, 비정부기구 간의 지식 및 증거 공유 개선
5. 화분매개체 상태 및 서비스에 대한 자료 수집	<ul style="list-style-type: none">• 화분매개체의 상태, 감소 원인, 정책 효과를 더 잘 이해하기 위해 지속 가능한 장기 모니터링 프로그램 개발• 화분매개체가 제공하는 가치와 이익, 화분매개체 개체군의 변화에 따른 자연 및 농업 체계의 회복에 대한 이해 제고

자료: U.K. Department for Environment, Food, and Rural Affairs(2014, pp.5-7).

2.2.1. 농지에 있는 화분매개체 지원

가) 정부 및 기타 주체들의 최우선 조치

- 의무형 및 인센티브형 공동농업정책 프로그램을 통해서 농업인에게 화분매개체를 지원할 기회를 제공하며, 농업인의 참여율을 높이고 정보를 제공할 목적으로 벌의 필요(Bee's Needs)에 관한 간단한 조치와 자세한 조언을 활용하기 위해 농촌지도사의 기여를 확보함.
- 농장 단위로 화분매개체 프로그램을 개발하고 이행함. '당신의 농장 경영을 위한 화분매개체 관리'와 같은 진단 등 홍보 활동을 진행함. 또한 화분매개체가 좋아하는 작물을 대상으로 통합해충관리에 대한 현재 정보를 검토하고 업데이트함. 다양한 경로를 통해 효과적으로 관련 정보를 전파함.
- 농업인에게 홍보할 목적으로 화분매개체 지원에 관한 구체적이고 실제적인 조언을 규명하기 위해 통합해충관리에 대한 연구를 지속함. 특히 화분매개체가 좋아하는 작물의 관리에 관한 통합해충관리 기법을 농업인과 공유함.

나) 농업인의 역할

○ 이 영역에 속한 조치들은 농지의 환경 관리를 개선하기 위한 기존의 정부 정책을 기반으로 함. 완충대(buffer strip), 꽃가루와 꿀 혼합물, 야생 조류 씨앗 혼합물, 건초 목초지, 야생화 지역 등 농업환경 정책을 통해 서식지를 제공하는 것이 화분매개체를 유인한다는 점이 증명됨.

- 공동농업정책 제1축에 포함된 환경보전의무는 의무적 준수사항으로 특히 새로운 생태초점지역(Ecological Focus Areas)은 경작지의 5%에 적용되어야 함. 2015년부터 영국에서 농업인은 경작지의 5%라는 생태초점지역 의무를 준수하기 위해 완충대, 휴경, 흡비작물 및 피복작물, 질소고정작물, 생물타리를 사용할 수 있음.
- 공동농업정책 제2축의 농촌개발계획¹⁶⁾에서는 화분매개체를 대상으로 꽃가루와 꿀, 서식지 제공을 할 경우 인센티브를 제공하는 제도¹⁷⁾를 가지고 있음.

○ 그 밖에 여러 단체에서 농장의 화분매개체 지원을 위해 자율적인 활동을 촉구함. 이러한 단체들의 활동은 공동농업정책하의 의무형 및 인센티브형 활동을 보완하고 ‘국가 화분매개체 전략’에 기여함.

- 농장환경캠페인¹⁸⁾은 꽃의 자연적 재생산을 장려하기 위해 작물을 심지 않은 끝부분을 두고, 시비하지 않은 영구 초지의 끝부분을 남겨 여름 동안 꽃가루와 꿀을 생산할 수 있도록 장려하고 있음.
- 뒤영벌 보전위원회와 영국양봉협회¹⁹⁾는 농업인 및 토지 소유자와 협력하여 조언을 제공함.

¹⁶⁾ Rural Development Programme.

¹⁷⁾ U.K. Department for Environment, Food and Rural Affairs 2016.

¹⁸⁾ Campaign for the Farmed Environment.

¹⁹⁾ Bumblebee Conservation Trust, British Beekeepers Association.

- 신젠타(Syngenta)는 농장환경트러스트 및 종자업체와 파트너십을 구축하여 농업인이 화분매개체를 위한 새로운 야생화 서식지를 조성할 수 있도록 야생화 종자를 무료로 제공함.

2.2.2. 마을·도시·농촌에 있는 화분매개체 지원

가) 정부 및 기타 주체들의 최우선 조치

○ 토지를 관리하면서 벌의 생태조건을 준수하도록 도시, 마을, 공익사업 및 운송 회사의 대토지 관리자의 추가적인 협조를 확보함.

- 야생동물의 가치평가를 지원하기 위해 재개발 단지의 소유자 및 관리자에게 벌의 생태조건 및 이와 관련된 기타 관련 권고를 제공함.

○ 곤충 화분매개체 육성계획의 일환으로 도시 화분매개체의 환경을 개선하기 위한 정책과 처리지침을 발간함.

- 지역의 생물 다양성과 웰빙을 개선하고자 하는 기존의 또는 신진 이니셔티브에 벌의 필요(Bee's Needs)를 통합하고 관심을 촉구함.
- 지역 당국, 개발자, 도시 계획가, 지방정부 생태학자, 사회적 지주, 조경사, 재개발 단지 관리자를 위해 도시 화분매개체 관리에 대한 워크숍을 개최함.
- 지속 가능한 건축물 인증 사업의 일부로 화분매개체를 위한 식물을 장려함.

○ 농업인, 산지 소유자, 지역 당국, 개발자, 사업가, 지역 단체, 학교, 원예사를 포함한 다양한 토지 소유자와 관리자의 화분매개체 친화적인 실천을 축하하기 위해 매년 화분매개체 챔피언 수상식을 개최함. 이는 화분매개체 보호에 대한 사회적인 관심을 지속하기 위해서임.

○ 통합적이고 더욱 지속 가능한 방제 및 해충 관리 접근을 포함하여 시설 관리자의 살충제 사용에 대한 자세한 가이드라인을 개발함.

○ 야생화 식재 계획을 위한 고품질 자생 종자의 수량성을 확보하기 위해 자발적인 품질 기준을 개발함.

나) 토지 소유자, 관리자, 원예사의 역할

○ 영국의 환경식품농촌부²⁰⁾는 토지 관리자, 개발자, 도시 계획가가 마을, 도시, 농촌의 개발 지역에서 벌의 생태유지 및 화분매개체에 필수적인 자원과 서식지를 제공하는 간단한 변화를 이끌어 낼 수 있도록 핵심적인 파트너 및 네트워크와 협력함

- 지난 수년간 도시 및 교외 지역 개발로 인한 자연 및 반자연 서식지의 감소는 생물 다양성에 악영향을 미치고, 화분매개체의 먹이와 서식지를 감소시켜 왔음.

○ 국가 계획 정책 프레임워크에서 지역 계획은 자연, 건축, 역사적 환경을 향상하고 자연개선지역을 지원하는 명확한 전략을 담아야 한다고 명시함. 자연개선지역은 모든 야생동물에게 이익이 되도록 전국적으로 일관되고 회복력 있는 서식지 네트워크를 조직하기 위한 정책 사례임.

- 지역에서 자연환경을 옹호하고 다른 파트너 및 이니셔티브와 전략적으로 협력하기 위해 지역자연파트너십(Local Nature Partnerships)을 설립함.

²⁰⁾ U.K. Department for Environment, Food and Rural Affairs 2018.

2.2.3. 해충 및 질병 위험에 대한 대응 강화

가) 정부 및 기타 주체들의 최우선 조치

- ‘건강한 벌 계획(Healthy Bees Plan)’을 이행하기 위해 국가 양봉위원회 및 양봉협회와 파트너십을 구축하여 양봉업자의 해충 및 질병 위험 관리를 개선함.
- 꿀벌의 해충 및 질병 통제하기 위해 개정되고 업데이트된 정책을 실행함. 상업적으로 생산하는 화분매개체와 연관된 해충 및 질병 위험의 증거를 추적 관찰함.

나) 해충 및 질병 위험 관련 사항

- 영국 정부는 국가 양봉위원회가 주축이 되어 장기적인 꿀벌 건강 프로그램을 추진함. 이 프로그램을 통해 잉글랜드와 웨일스 전역의 꿀벌 군집 감염률에 대한 장기적인 트렌드와 꿀벌의 해충 및 질병 위험에 대한 이해를 도모함.
- 이 프로그램은 꿀벌의 해충 및 질병 위험 감소에 효과적이었고, 2009년에 10개년 ‘건강한 벌 계획(Healthy Bees Plan)’을 시행하며 확장됨.
- ‘건강한 벌 계획(Healthy Bees Plan)’은 양봉업자의 해충(바로아 응애, 작은벌집딱정벌레 등) 및 질병 관리 기술을 향상하는 데 초점을 둠.
- 꿀벌의 건강 위험요소에 대한 연구는 상당히 진행되었으나, 야생의 화분매개체 종에 영향을 미치는 해충과 질병에 대한 이해는 영국이나 전 세계적으로 제한됨. 또한 꿀벌과 다른 사육 또는 야생 화분매개체 간에 해충과 질병의 전이에 대한 연구가 부족한 점이 한계로 지적되고 있음.
- 또한 비닐하우스에서 딸기, 토마토와 같은 고부가가치 작물을 수분하기 위해 지난 20년간 유럽연합 회원국을 통해 많은 개체 수의 외래 뒤영벌을 들여옴. 최근 몇 년간 토종 사용량이 증가하고 있음. 상업적으로 생산된 외래

뒤영벌의 해충 및 질병 위험은 몇몇 군집에서 야생 화분매개체에 전파될 위험이 있는 해충과 질병을 보유하고 있음을 나타냄.

2.3. 유럽연합²¹⁾

2.3.1. 지침 및 법률

- 유럽연합에는 화분매개체 보호와 관련한 몇 개의 법률이 있음. 해당 법률에는 조류 및 서식지 지침(Birds and Habitats Directives), 살충제에 관한 입법 프레임워크(legislative framework on pesticides), 공동농업정책(common agricultural policy), 도시 측면을 포함한 화합 정책(cohesion policy), 유럽연합 연구 및 혁신 자금 프로그램(EU research and innovation funding programme), LIFE 프로그램이 있음.
- 유럽연합의 서식지 지침(EU Habitats Directive)은 조류 지침(Birds Directive)과 함께 유럽연합 자연 보존 정책의 근간을 형성함. 이를 통해 생태 보호 구역인 나투라 네트워크(Natura 2000 network)가 지정되어 초지, 경엽 관목(sclerophyllous scrubs), 온대 황야(temperate heath) 등 화분매개곤충의 핵심적인 서식지의 일부를 보호함. 또한 서식지 지침은 나비, 나방, 딱정벌레 등 선발된 화분매개체 종을 직접적으로 보호함.
- 침투외래종(invasive alien species)으로부터의 위협을 규제를 통해 해결함. 예를 들어, 꿀벌의 포식자인 등검은말벌(yellow-legged hornet), 말벌, 꽃등애와 같은 다른 화분매개체는 침투외래종 목록(list of invasive alien

²¹⁾ Halleux(2021)를 참고하여 작성함.

species of Union concern)에 올라 유럽연합 전역에서 도입 방지, 감시, 조기 발견, 신속 박멸 및 통제와 같은 조치를 취함.

- 작물보호제(plant protection products) 관련 유럽연합 법률은 꿀벌에 대한 살충제의 영향을 고려함. 작물보호제는 이중 승인 과정(dual approval process)을 거치게 되는데, 활성물질(active substances)은 유럽연합 수준에서 승인하고, 하나 이상의 활성물질을 혼합한 제품은 회원국 수준에서 허가를 받음. 유럽연합 또는 국제적으로 합의된 검사 지침에 근거한 위험 평가(risk assessment)를 따라 주어진 조건에서 작물보호제에 사용한 활성물질에 꿀벌이 무시할 수준으로 노출될 경우에만 시장에서 해당 활성물질이 허용됨.

2.3.2. 유럽연합 화분매개체 이니셔티브

- 2018년에 유럽연합 집행위원회는 유럽연합 화분매개체 이니셔티브(EU pollinators initiative)를 채택하여 야생 화분매개체의 개체 수 감소를 해결하고 기존의 정책을 더 효과적으로 사용하기 위한 통합적인 접근법을 제안함. 유럽연합 화분매개체 이니셔티브는 2030년까지 장기 목표와 세 가지 우선순위에 단기 행동을 설정함.
- 세 가지 우선순위는 첫째, 화분매개체 개체 수 감소의 원인과 결과에 대한 지식 증진, 둘째, 화분매개체 감소의 원인 해결, 셋째, 인식 향상, 사회 전반의 참여, 협력 촉구임. 유럽연합 화분매개체 이니셔티브에서 약 서른 개의 행동을 제시함.
 - 일례로 유럽 내 화분매개체 종의 상태와 트렌드를 평가하고 화분매개체 지표를 개발할 목적으로 고품질 데이터를 확보하기 위해 유럽연합 전체의 화분매개체 모니터링 계획을 구상하는 것임. 유럽연합 집행위원회는 화분매개체 지표를 공동농업정책 실적 및 모니터링 프레임워크에 포함할 수 있음.

○ 또한 유럽연합 집행위원회는 농업인, 지역 당국, 사업가, 시민을 대상으로 화분매개체 보존에 대한 지침을 구상함. 국제 수준에서 예상된 행동(조치)은 국제 화분매개체 이니셔티브(International Pollinators Initiative)와 부합하는 방향으로 유럽연합이 제3세계에 지원하는 정책, 계획, 프로그램에 화분매개체 보존에 대한 고려를 통합하는 것을 포함함. 유럽연합은 2018년 11월에 화분매개체 의지 연합(Coalition of the Willing on Pollinators)에 가입함.

2.4. 호주

○ 호주에서 꿀벌 산업은 꿀과 밀랍을 생산할 뿐만 아니라 작물을 수분시킴으로써 호주 농업에 필수적임. 호주 꿀벌 산업의 가치는 연간 140억 달러에 달함.²²⁾

- 약 70%의 꿀이 자연 식생에서 생산되며, 양봉농가는 매년 3만 7,000톤의 꿀을 생산함. 뉴사우스웨일스주(New South Wales)에서 가장 많은 상업적 꿀을 생산함. 호주는 생산된 꿀의 약 10%를 수출하는데, 북미, 동아시아, 동남아시아, 중동이 주요 수요처임.

○ 호주에서 재배하는 작물의 35% 정도가 벌에 수분을 의존하고 있음. 벌에 의한 수분에 의존하는 주요 작물에는 아몬드, 아보카도, 블루베리, 오이, 망고, 사과, 락멜론(rockmelon), 호박 등이 있음. 이런 이유로 상업적인 화분매개 서비스는 농업에 중요함. 많은 생산자가 수분을 위해 벌통을 대여함.

○ 현재 호주는 심각한 꿀벌 해충의 위협에서 비교적 안전한 지역임. 호주는 외래 해충으로부터 꿀벌을 보호하고 화분매개 이익을 지키기 위해 여러 프로그

²²⁾ 호주 농수산림부(<https://www.agriculture.gov.au/agriculture-land/farm-food-drought/hort-policy/honeybees#honey-levy/>). 검색일: 2022. 11. 4.

램을 개발함. 대표적인 프로그램에는 ‘국가 벌 생물보장 프로그램(National Bee Biosecurity Program)’과 ‘국가 벌 해충 감시 프로그램(National Bee Pest Surveillance Program)’이 있음.²³⁾

- 양봉에서 생물보장이란 벌 관련 해충 및 질병의 발생 및 확산의 위험을 저감하기 위해 고안된 일단의 예방적 조치로 정의할 수 있음(Australian Honey Bee Industry, 2022, p.2).

○ ‘국가 벌 생물보장 프로그램’의 목적은 양봉농가가 호주에서 이미 발생한 해충을 관리하거나 외래 해충의 발생에 대비하는 것을 지원하는 것임(Plant Health Australia).²⁴⁾ 호주 정부는 동식물 검역, 해충 감시 활동, 긴급 해충 및 질병 확산에 집중함. 이로써 양봉산업은 생물방역 활동을 위해 부담금을 납부하며, 양봉업자가 지켜야 할 행동 준칙(Code of Practice)이 개발됨.

- 호주 꿀벌 산업의 생물보장 행동 준칙은 기본적인 생물보장 원칙을 양봉농가의 실천에 통합시키기 위해 개발됨. 일부 준칙은 이미 기존의 주 법률에서 의무사항이며, 벌통의 숫자가 많을수록 위험성이 증가함에 따라 일부 준칙은 벌통을 50개 넘게 보유한 양봉농가에만 적용됨.

○ ‘국가 벌 해충 감시 프로그램(National Bee Pest Surveillance Program)’은 새로운 외래 벌 해충 발생을 발견하기 위한 조기 경보 시스템임. 해당 프로그램은 벌 해충의 진입점으로 추정되는 호주 전역의 항구 및 공항에서 여러 감시 기법을 동원함. 무역 지원과 외래 벌 해충 조기 경보라는 두 가지 주요 목적이 있음(Plant Health Australia).

²³⁾ Plant Health Australia(<https://www.planthealthaustralia.com.au/national-programs/national-bee-biosecurity-program/>). 검색일: 2022. 11. 4.

²⁴⁾ Plant Health Australia(<https://www.planthealthaustralia.com.au/national-programs/national-bee-biosecurity-program/>). 검색일: 2022. 11. 4.

- 무역 지원은 다양한 종류의 벌 해충에 민감한 국가로의 여왕벌 및 포장된 벌의 수출을 원활하게 함. 무역 지원을 통해 수출 협상 과정에서 호주가 해충 청정 지역이라는 주장에 근거가 될 기술적인 정보를 제공하며, 수출업자가 수출 인증 요건을 만족하는 데 도움을 줌.

2.5. 일본

2.5.1. 화분매개 관련 법률 및 정책

- 농림수산성에서는 ‘양봉진흥강화사업’으로 꿀벌 등 화분매개용 곤충을 안정적인 확보를 지원하고 있으며, 그 외에 ‘화분매개용 꿀벌 수급 조달 시스템’을 통한 안정적 꿀벌 수급 체제를 정비하고 있음.
- 일본에서 주로 화분매개로 이용되는 곤충은 꿀벌 및 호박벌이며, 딸기, 토마토, 멜론 등 과채류의 화분매개에 이용되면서 원예작물 생산에서 노동력 절감에 필수적인 요소로 자리 잡고 있음.
- 일본 정부는 양봉진흥강화추진사업²⁵⁾을 통해 양봉 진흥을 도모하고 있으며, 이 사업을 통해 화분매개용 꿀벌 공급 시스템의 기능을 강화하고 있음.
- 화분매개용 꿀벌군 공급체제 강화를 위한 대응 방안의 내용으로는 우선 검토회 개최를 통해 수요자 요구에 맞는 화분매개용 꿀벌군을 안정적으로 공급하는 데 필요한 정보 수집, 기술 실증 기획 등을 시행하도록 규정되어 있음.

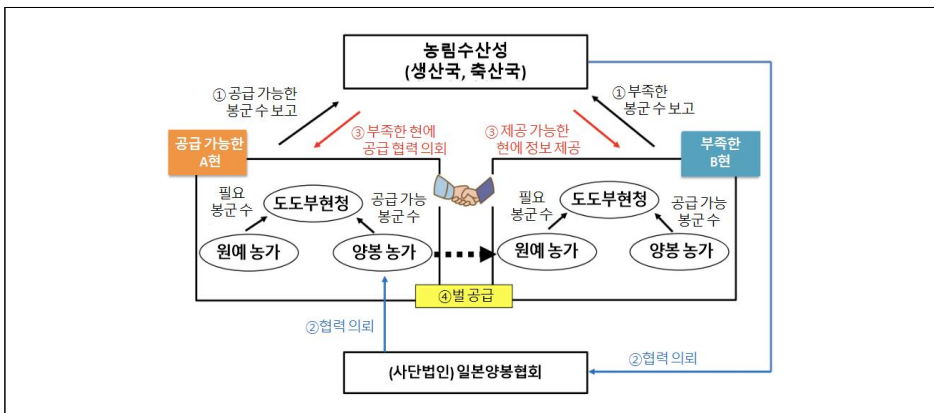
²⁵⁾ 2022년도 농림수산성 지속적생산 강화대책 사업 중 양봉진흥강화추진 공모 강령(https://www.maff.go.jp/j/supply/hozyo/chikusan/attach/pdf/220207_220-2-4.pdf/). 검색일: 2022. 2. 7.; 농림수산성 2023년 예산 중 양봉진흥강화추진사업(https://www.maff.go.jp/j/budget/pdf/r5yokyu_pr21.pdf/). 검색일: 2022. 11. 12. 참조.

- 또한 화분매개용 꿀벌군 관리 기술에 관한 실증실험을 시행한 뒤, 실험 결과 정리 및 기술 도입 매뉴얼 작성을 통해 안정적·효율적인 화분매개용 봉군 개발을 유도하고 있음.
- 이 사업은 이외에도 양봉농가 고령화 및 진드기 피해 대응을 위한 사육위생 관리 기술 향상, 양봉 관련 데이터 축적·활용도 지원하고 있음.

2.5.2. 화분매개용 꿀벌 수급 조정 시스템

- 농림수산성은 양봉농가와 시설원에 농가 사이의 원활한 연결을 위해 2019년 원예 농가와 양봉농가 간 수급 조달 시스템을 구축하였음.
- 지자체와 농림수산성이 협력하여 화분매개용 꿀벌의 수급이 원활하도록 전국에서 공급 가능한 꿀벌 군수를 파악함. 꿀벌이 부족할 것으로 예상되면 시설원에 농가와 양봉농가 간에 신속한 꿀벌 수급 조달이 가능하도록 시스템을 정비 중임.

〈그림 3-1〉 화분매개용 꿀벌 수급 조정 시스템



자료: 일본농림수산성 화분매개곤충 소개(<https://www.maff.go.jp/j/chikusan/gijutu/mitubati/attach/pdf/index-2.pdf/>). 검색일: 2022. 11. 12.

○ 2018년도부터 시설원에 농가와 양봉농가 협력 플랜 작성, 꿀벌 적정 관리, 타 화분매개용 곤충을 통한 대체 기술 실증 등을 추진하고 있음. 화분매개용 꿀벌 안정조달 지원의 주 내용은 아래와 같음.

- 원예 산지와 양봉농가 협력 플랜 작성, 방풍림 등을 활용한 꿀벌 피난 장소 설치, 하우스 내 적절한 관리 기술 강습회, 화분매개용 꿀벌 저비용 생산 기술 검증, 꿀벌 대여 반납 시 생존율 향상 기술 검증, 꿀벌 수급난을 대비한 대체 곤충 검증 등임.

2.5.3. 외래 화분매개곤충(서양 뒤영벌)²⁶⁾의 생태계 혼란 방지 정책

○ 현재 일본의 시설원에 농가에서 화분매개에 이용하는 서양 뒤영벌은 2006년에 특정 외래생물로 지정되었으며, 이에 따라 2017년에 ‘서양 뒤영벌 대체종 이용방침’을 수립하였음. 현재 농림수산성은 화분매개에 이용되는 서양 뒤영벌을 토종 호박벌로 시급히 전환하려고 노력 중임.

- 농림수산성에서는 서양 뒤영벌에서 토종 호박벌로의 전환을 위해 관련 매뉴얼을 배포하고 있으며, 토종 호박벌에 적합한 하우스 피복 필름을 검증하는 등 재래종 도입을 위한 실증 실험을 진행 중임.

○ 양봉추진 강화사업 중 화분매개곤충과 관련된 주요 목표는 서양 뒤영벌에서 토종 호박벌로 전환 가속화이며, 동시에 화분매개용 곤충의 안정적 확보를 통한 시설원에 시스템과의 연계 강화도 유도하고 있음.

- 이를 위해 시설원에 농가에서 화분매개용 꿀벌을 양봉농가와 연계하여 안정적으로 확보하는 협력 계획 수립 및 꿀벌 적정 관리 기술, 타 화분매개용

²⁶⁾ 호박벌(*Bombus ignitus*)과 서양 뒤영벌(*B. terrestris*)은 같은 뒤영벌속에 속하며, 이종교배를 통한 유전자 오염이 보고된 바 있음(Ono, M., 1997; 윤형주 외, 2004에서 재인용).

곤충으로 대체 기술 실증 등을 지원함. 또한, 특정 외래종인 서양 뒤영벌에서 토종 호박벌로 전환을 지원함.

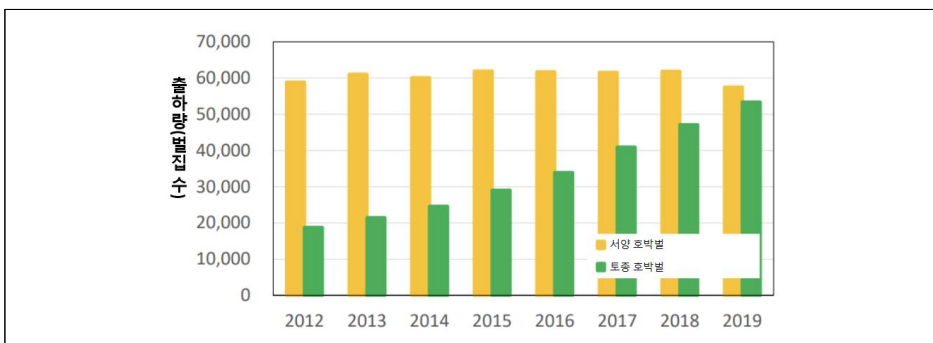
- 양봉능가를 통한 화분매개용 꿀벌군의 공급체제 강화를 위한 봉군 저온관리 기술 도입 및 동계기간의 관리 기술 실증 등을 지원함.

○ 농림수산성과 환경성은 2017년에 ‘서양 뒤영벌 대체종 이용방침’을 수립하여, 2020년까지 서양 뒤영벌 총 출하량을 절반으로 축소하는 목표를 수립하였음(홋카이도 제외).

- 서양 뒤영벌은 원칙적으로는 사육을 금지하였으나 생업 유지를 위해 사육하는 경우 3년마다 환경성 장관의 허가를 받은 후 이용 가능함.
- 대체종 적절 관리 및 이용: 토종 호박벌에는 서양 뒤영벌과 같이 법적 준수 사항은 없으나, 생태계 영향을 최소화할 필요가 있음. 이는 일본 내에서 대체종이 아직 개발되지 않은 지역이 있으며, 대체종이 자연적으로 미분포된 지역이 있기 때문임.

○ 서양 뒤영벌의 대체종인 토종 호박벌사용량은 매년 증가하고 있으며 2019년에는 서양 호박벌 출하량과 근접한 수준(총 출하량의 48%)에 이르렀음.

〈그림 3-2〉 일본의 토종 호박벌 출하량 추이



자료: 일본 농림수산식품성. 시설원에 화분교배를 둘러싼 현황(<https://www.maff.go.jp/j/chikusan/gijutu/mitubati/attach/pdf/index-4.pdf>). 검색일: 2022. 2. 12.

3. 시사점

- 미국, 영국, EU는 화분매개기능을 환경보호 및 생태계 보전 등의 공공서비스 측면에서 접근하고 있으며, 이에 따라 화분매개곤충의 보전은 국가적 책임의 범위로 판단하고 있음. 따라서 화분매개곤충의 보전을 위해 전반적인 생태 측면에서 종합적인 노력과 방안을 제시하고 있음.
 - 미국은 화분매개곤충의 생태학적 특성, 환경 스트레스 요인, 서식지 복원 및 관리와 함께 대국민 홍보를 통해 화분매개곤충의 중요성에 대해 강조하고 있음.
 - 영국은 화분매개곤충의 지원을 농지 및 마을·도시·농촌으로 구별하여 각 지역 특성에 맞는 지원 정책을 시행하고 있음. 또한 해충 및 질병 대응, 성장 및 번창 요소 연구, 상태 및 서비스에 대한 자료 수집 등 다양한 지원 방안을 시행 중임.
 - 유럽연합은 화분매개곤충 감소 원인 분석 및 해결방안, 대국민 인식 전환, 사회 전반의 참여·협력 촉구 등에 대해 구체적인 목표를 제시하고 있음.
- 일본은 화분매개곤충의 공급자(양봉농가)와 수요자(시설원예 농가) 간 원활한 이용을 위한 조달 시스템을 운영하여 양봉농가에는 수익창출을, 시설원예 농가에는 생산성 향상이라는 일석이조의 효과를 거두고 있음.
 - 기존 화분매개곤충으로 사용된 서양 뒤영벌의 외래종 생태계 교란현상을 막기 위해 노력하고 있음.
- 우리나라 양봉산업은 양봉 주산물인 벌꿀과 부산물(로열젤리, 프로폴리스, 밀랍 등) 생산에 집중하고 있어 화분매개에 대한 관심도는 현저히 낮은 상황임. 이는 최근 시행된 양봉산업법에 따라 화분매개 부문의 지원 정책이 제시

되기는 하였으나, 세부적인 내용에서는 보완할 사항이 많은 점에서도 유추가 가능함.

- 미국 및 유럽, EU의 사례와 같이 화분매개가치를 공공서비스의 일환으로 판단하고, 환경보전과 생태계 유지라는 측면에서 접근할 필요성이 제기됨. 이를 통해 화분매개가치에 대한 일반인들의 관심 유도과 지속성 획득을 통해 화분매개산업의 지원 필요성을 확보할 수 있으며, 실질적인 지원 방안 도출에도 유리할 것으로 판단됨.
- 일본에서 운영하고 있는 화분매개용 꿀벌 수급 조달 시스템을 참고하여 우리나라에 적합한 시스템을 도입할 필요가 있음. 또한 우리나라 역시 서양 뒤영벌을 도입하여 사용하고 있으므로 서양 뒤영벌의 생태계 교란현상에 대해서도 연구가 필요한 시점임.

제4장

화분매개가치에 대한 평가



4

화분매개가치에 대한 평가

1. 화분매개가치에 대한 국민의식 조사

- 본 조사에 해당되는 가치평가조사는 2022년 11월 29일부터 12월 6일까지 한국농촌경제연구원 농업관측조사 통합관리 시스템에 등록되어 있는 소비자 패널 500명을 대상으로, 구조화된 웹 설문지를 이용한 온라인 조사 방식으로 실시함.
- 설문지는 사회통계변수로서 응답자의 인적사항, 화분매개의 가치 항목(정신적·미적 가치, 생태계 보전 가치, 선택가치)에 대한 인식 및 지원금 지불의사 여부, 그리고 사전 조사를 통해 설정한 기준가격을 바탕으로 지불의사금액을 묻는 문항, 신뢰성 제고를 위해 자신의 응답에 대한 확신 정도를 묻는 문항, 화분매개가치 공유에 관한 문항으로 구성함. 또한 지불수단은 세금 또는 기부금의 형태로 월별 납부하는 방식으로 제시함.

1.1. 응답자 특성

○ 응답자의 인구통계적 기본사항은 <표 4-1>과 같으며, 총응답자는 한국농촌경제연구원 농업관측조사 통합관리 시스템에 등록되어 있는 소비자패널로 구성된 500명임.

<표 4-1> 인구통계학적 기본사항

구분		빈도(명)	비율(%)	구분		빈도(명)	비율(%)
연령	만 20~39세	13	2.6	거주지	서울	171	34.2
	만 40~49세	103	20.6		경기권	126	24.6
	만 50~59세	258	51.6		경상 및 제주권	110	22.0
	만 60세 이상	126	25.2		충청권	46	9.8
	합계	500	100		전라권	34	6.8
학력	고졸 이하	131	26.2		강원	13	2.6
	대졸 이하	328	65.6		합계	500	100
	대학원 이상	41	8.2				
	합계	500	100				
가구 월소득	100만 원 미만	4	0.8				
	200만 원 미만	17	3.4				
	300만 원 미만	46	9.2				
	400만 원 미만	138	27.6				
	1,000만 원 미만	264	52.8				
	1,000만 원 이상	31	6.2				
	합계	500	100				

자료: 저자 작성.

○ 응답자 500명 중 322명인 64.4%는 농촌 생활 경험이 없었으며, 357명인 71.4%는 가족 중 농업 종사자가 없는 것으로 나타남.

<표 4-2> 농업·농촌 관련 특성

구분		빈도(명)	비율(%)
농촌 생활 경험	경험 있다	178	35.6
	경험 없다	322	64.4
가족 중 영농 활동 여부	그렇다	143	28.6
	아니다	357	71.4

자료: 저자 작성.

1.2. 화분매개가치에 대한 현재 인식과 지불의사

○ 꿀벌의 화분매개가치에 대한 지불의사금액 추정을 하기에 앞서, 꿀벌의 화분매개가치에 대해 ‘가치 있다(어느 정도 가치 있다, 가치 있다, 매우 가치 있다)’고 응답한 비율은 비소모성 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치에서 각각 85.4%, 89.2%, 87.8%로 응답자의 대부분이 꿀벌의 화분매개 활동이 가치가 있다고 생각하는 것으로 조사됨.

- 이에 반해 ‘가치 없다(전혀 가치 없다, 가치 없다, 별로 가치 없다)’고 응답한 비율은 전체 응답자의 3% 이하로 나타남.

〈표 4-3〉 화분매개가치에 대한 인식

구분		전혀 가치 없다	가치 없다	별로 가치 없다	보통	어느 정도 가치 있다	가치 있다	매우 가치 있다	합계
비소모성 직접사용 가치	빈도 (명)	1	2	11	59	133	149	145	500
	비율 (%)	0.2	0.4	2.2	11.8	26.6	29.8	29.0	100.0
간접사용 가치	빈도 (명)	1	2	9	42	114	153	179	500
	비율 (%)	0.2	0.4	1.8	8.4	22.8	30.6	35.8	100.0
선택가치	빈도 (명)	1	2	9	49	77	178	184	500
	비율 (%)	0.2	0.4	1.8	9.8	15.4	35.6	36.8	100.0

자료: 저자 작성.

○ 국민들의 지원금을 통해 꿀벌의 화분매개 영역별 가치를 유지·보전할 수 있다고 가정했을 때, 일정 정도의 꿀벌의 개체유지를 위해 특별부담금을 지불할 의사가 있는가에 대해 질문함. 이에 대해 소비자는 ‘간접사용가치’와 ‘선택가치’에 대해 동일하게 65.2%의 지지를 보냈고, ‘비소모성 직접사용가치’에 대해서는 59.6%의 지지를 보낸 것으로 나타남.

〈표 4-4〉 화분매개가치에 대한 지불의사

구분	예, 내겠습니다		아니오, 내지 않겠습니다	
	빈도(명)	비율(%)	빈도(명)	비율(%)
비소모성 직접사용가치	298	59.6	202	40.4
간접사용가치	326	65.2	174	34.8
선택가치	326	65.2	174	34.8

자료: 저자 작성.

1.3. 화분매개가치에 대한 가치 공유

○ 꿀벌의 화분매개 활동의 가치 공유를 위해 가장 적절하다고 생각하는 지원 방안에 대해서 ‘정부출연금과 보조금으로 유지·보전 기금을 마련해야 한다’에 61.6%로 가장 높은 지지를 보냈고, 다음으로 ‘세금으로 조달한다’가 25.2%로 조사됨. 반면에 ‘꿀벌의 화분매개가치 유지·보전을 원하는 국민의 기부금으로 충당한다’고 답변한 경우는 8.8%에 불과하였음.

〈표 4-5〉 화분매개가치 유지 및 보전을 위한 지원 방안

구분		꿀벌의 화분매개가치 유지·보전금은 세금으로 조달한다.		정부출연금과 보조금으로 꿀벌의 화분매개가치 유지·보전 기금을 마련한다.		꿀벌의 화분매개가치 유지·보전을 원하는 국민의 기부금으로 충당한다.		기타	
		빈도(명)	비율(%)	빈도(명)	비율(%)	빈도(명)	비율(%)		
전체		126	25.2	308	61.6	44	8.8	22	4.4
연령	만 39세 이하	4	0.8	7	1.4	2	0.4	-	-
	만 40~49세	25	5	67	13.4	10	2	1	0.2
	만 50~59세	63	12.6	161	32.2	19	3.8	16	3.2
	만 60세 이상	34	6.8	73	14.6	13	2.6	5	1

자료: 저자 작성.

○ 꿀의 직접적인 생산뿐만 아니라 꿀벌의 화분매개가치를 생산하고 있는 양봉인들을 위한 지원금을 직접지불금 방식으로 지급하는 방안에 대해서는 전체의 59.0%가 부적절하다고 생각한다고 응답함.

〈표 4-6〉 지원 방법으로서 직접지불금 방식에 대한 의견

구분		적절하다		부적절하다	
		빈도(명)	비율(%)	빈도(명)	비율(%)
전체		205	41.0	295	59.0
연령	만 39세 이하	6	1.2	7	1.4
	만 40~49세	40	8.0	63	12.6
	만 50~59세	108	21.6	150	30.0
	만 60세 이상	51	10.2	75	15.0

자료: 저자 작성.

○ 꿀벌의 화분매개가치에 대해 지원금을 납부할 의향이 없다고 응답한 이유로 는 전체의 26.6%가 ‘양봉업과 관련 있는 사람이나 단체가 보전해야 하므로’ 라고 응답하였고, 다음으로 ‘지원금을 납부하고 싶지만 제시 금액이 너무 커 서’가 21.8%를 차지함. 그러나 ‘꿀벌의 화분매개가치를 보전할 필요가 없으 므로’ 납부 의향이 없다고 응답한 비율은 1.3%에 불과하였음.

○ 또한 지원금을 납부할 의향이 없다고 응답한 인원 중 23.1%인 87명이 납부 의향 이 없는 이유로 ‘기타’를 선택함. 이들의 주요 내용으로는 ‘지원금이 투명하게 관 리되지 않을 것이다(지원 자격, 지원 방법, 지원 시스템 등)’가 주된 내용이었음.

〈표 4-7〉 납부 의향이 없다고 응답한 이유

구분		지원금을 납부하고 싶지만 경제적 여유가 없어서		지원금을 납부하고 싶지만 제시 금액이 너무 커서		꿀벌의 화분매개가치를 보전할 필요가 없으므로		양봉업과 관련 있는 사람이나 단체가 보전해야 하므로		자연환경 및 생태계는 자연적으로 보전되므로		기타	
		빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)
전체(375명)		52	13.8	82	21.8	5	1.3	100	26.6	49	13.0	87	23.1
연령	만 20~29세	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	-	-
	만 30~39세	5	1.3	-	-	1	0.3	-	-	-	-	2	0.5
	만 40~49세	17	4.5	13	3.5	2	0.5	19	5.1	7	1.9	20	5.3
	만 50~59세	17	4.5	44	11.7	1	0.3	56	14.9	27	7.2	46	12.2
	만 60세 이상	13	3.5	25	6.6	1	0.3	25	6.6	14	3.7	19	5.1

자료: 저자 작성.

○ 미래의 화분매개가치의 영역별(비소모성 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치) 중요성에 대한 인식은 더 중요해질 것이라는 응답이 비소모성 직접사용가치 78.6%, 간접사용가치 80.4%, 선택가치 82.4%로 대다수를 차지함.

〈표 4-8〉 미래의 화분매개가치 영역별 중요성 전망

구분		전혀 중요하지 않을 것	중요하지 않을 것	별로 중요하지 않을 것	보통	다소 중요해질 것	중요해질 것	매우 중요해질 것
비소모성 직접사용가치	빈도(명)	3	7	15	82	136	138	119
	비율(%)	0.6	1.4	3	16.4	27.2	27.6	23.8
간접사용 가치	빈도(명)	4	3	14	77	106	155	141
	비율(%)	0.8	0.6	2.8	15.4	21.2	31.0	28.2
선택가치	빈도(명)	3	3	8	74	117	163	132
	비율(%)	0.6	0.6	1.6	14.8	23.4	32.6	26.4

자료: 저자 작성.

1.4. 화분매개가치에 대한 일반적 인식

○ 평소 꿀벌의 화분매개가치에 대해 알고 있었는지를 묻는 문항에 대해, ‘알고 있다(어느 정도 알고 있다, 알고 있다, 잘 알고 있다)’는 응답이 전체의 61.4%로, ‘모른다(전혀 모른다, 모른다, 잘 모른다)’는 응답(21.0%)에 비해 높게 조사됨.

〈표 4-9〉 영역별 가치에 대한 사전 인지 여부

구분		전혀 모른다		모른다		잘 모른다		보통		어느 정도 알고 있다		알고 있다		잘 알고 있다	
		빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)
전체		13	2.6	16	3.2	76	15.2	88	17.6	190	38.0	76	15.2	41	8.2
연령	만 39세 이하	-	-	2	0.4	3	0.6	-	-	6	1.2	1	0.2	1	0.2
	만 40~49세	4	0.8	-	-	24	4.8	18	3.6	32	6.4	15	3	10	2
	만 50~59세	7	1.4	12	2.4	28	5.6	53	10.6	96	19.2	41	8.2	21	4.2
	만 60세 이상	2	0.4	2	0.4	21	4.2	17	3.4	56	11.2	19	3.8	9	1.8

자료: 저자 작성.

○ 전체 농업에서 차지하는 꿀벌 화분매개의 중요성에 대해 ‘중요하다(다소 중요, 중요, 매우 중요)’는 응답은 전체의 86.2%인 반면, ‘중요하지 않다(전혀 중요하지 않음, 중요하지 않음, 별로 중요하지 않음)’는 2.6%에 불과함. 꿀벌의 화분매개가치의 중요성에 대한 인식 수준은 높은 것으로 조사됨.

〈표 4-10〉 농업에서 차지하는 꿀벌의 화분매개의 중요성 인식

구분		전혀 중요하지 않음		중요하지 않음		별로 중요하지 않음		보통		다소 중요		중요		매우 중요	
		빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)	빈도 (명)	비율 (%)
전체		4	0.8	1	0.2	8	1.6	56	11.2	126	25.2	151	30.2	154	30.8
연령	만 39세 이하	1	0.2	-	-	-	-	3	0.6	2	0.4	4	0.8	3	0.6
	만 40~49세	2	0.4	1	0.2	2	0.4	13	2.6	24	4.8	32	6.4	29	5.8
	만 50~59세	1	0.2	-	-	3	0.6	29	5.8	71	14.2	75	15	79	15.8
	만 60세 이상	-	-	-	-	3	0.6	11	2.2	29	5.8	40	8	43	8.6

자료: 저자 작성.

○ 곤충수분된 농산물 가격이 인공수분된 농산물보다 10% 저렴할 경우, 응답자의 73.6%가 곤충수분된 농산물을 선택하였음. 곤충수분과 인공수분 농산물 가격이 동일한 경우 응답자의 68.8%가 곤충수분된 농산물을 선택하였으며. 곤충수분된 농산물 가격이 인공수분된 농산물보다 10% 비싼 경우 응답자의 45.8%가 곤충수분된 농산물을 선택함. 이를 통해 인공수분된 농산물보다는 곤충수분된 농산물에 대한 선호도가 높다는 것을 판단할 수 있음.

- 따라서 시설원에 농가에서는 자신의 농산물이 곤충수분으로 생산된 농산물임을 홍보에 이용하는 방안을 고려할 필요가 있음.

〈표 4-11〉 가격과 수분 종류(인공수분, 곤충수분)에 따른 농산물 선택군

구분	인공수분된 농산물		자연수분된 농산물		상관없음		합계	
	빈도(명)	비율(%)	빈도(명)	비율(%)	빈도(명)	비율(%)	빈도(명)	비율(%)
자연수분된 농산물 가격이 인공수분된 농산물보다 10% 저렴한 경우	18	3.6	368	73.6	114	22.8	500	100
자연수분과 인공수분 농산물 가격이 동일한 경우	15	3.0	344	68.8	141	28.2	500	100
자연수분된 농산물 가격이 인공수분된 농산물보다 10% 비싼 경우	123	24.6	229	45.8	148	29.6	500	100

자료: 저자 작성.

1.5. 꿀벌의 화분매개가치관련 정보 취득 경로

○ 꿀벌에 대한 정보를 얻는 경로로는 ‘텔레비전 등 방송’이라는 응답이 전체의 76.8%로 1순위이고, 다음으로 ‘인터넷(홈페이지, 블로그 등)’이 54.6%로 2순위, ‘모바일(스마트폰 어플, SNS 등)’이 33.4%로 3순위를 차지함. 반면에, ‘라디오’, ‘농업 관련 전문지 또는 잡지’, ‘정부 홍보용 책자’는 각각 8.4%, 8.6%, 2.4%로 낮게 조사됨.

〈표 4-12〉 꿀벌에 대한 정보 획득 경로(복수응답)

구분	빈도	비율
텔레비전 등 방송	384	76.8
라디오	42	8.4
신문(중앙일간지)	84	16.8
농업 관련 전문지 또는 잡지	43	8.6
모바일(스마트폰 어플, SNS 등)	167	33.4
인터넷(홈페이지, 블로그 등)	273	54.6
정부 홍보용 책자	12	2.4
농업, 농촌 관련기관(예: 농촌진흥청 귀농귀촌지원센터, 농업기술센터, 한국농촌경제연구원 등)	110	22.0

자료: 저자 작성.

2. 화분매개의 사용가치 추정

2.1. 소모성 직접사용가치: 화분매개곤충 생산농가

○ 양봉농가 일부 및 뒤영벌 생산농가에서는 화분매개용 꿀벌과 뒤영벌을 생산하여 농자재상, 협동조합에 납품하거나, 택배 등을 통해 곤충이 필요한 농가에 판매하고 있음. 따라서 이들 화분매개곤충 생산농가의 판매액을 생산단계에서 창출되는 소모성 직접사용가치로 계측함.

○ 2020년 화분매개곤충 생산액²⁷⁾은 633억 원으로 추산되며, 이는 2011년 367억 원에서 연평균 6.3% 증가한 값임.

- 꿀벌 생산액 증가율은 4.9%인 반면, 뒤영벌 및 혼합사용 생산액 증가율은 각각 13.0%와 12.1%로 나타나고 있음. 이는 원예시설에서 재배되는 품목이 다양화되면서 환경과 품목에 적합한 뒤영벌 수요가 증가했기 때문으로 판단됨.

〈표 4-13〉 화분매개곤충 생산액

단위: 백만 원

구분	꿀벌	뒤영벌	혼합사용	합계
2011년	31,934	3,852	877	36,663
2016년	24,016	7,301	1,183	32,500
2020년	49,293	11,571	2,450	63,315
연평균 증감률	4.9%	13.0%	12.1%	6.3%

주: 혼합사용 시 가격은 꿀벌 가격을 적용함.

자료: 윤형주 외(2013); 국립농업과학원(2016); (2021)을 이용하여 저자 작성.

²⁷⁾ 화분매개곤충 판매액을 생산액으로 이용하였으며, 판매액은 판매봉군수와 꿀벌 및 뒤영벌의 봉군 가격을 이용하여 추산함.

2.2. 소모성 직접사용가치: 화분매개곤충(꿀벌 및 뒤영벌) 사용농가

2.2.1. 방법론

- 본 연구에서는 사용농가에서 발생하는 화분매개곤충의 소모성 직접사용가치를 계측하기 위해 화분매개울 접근법²⁸⁾을 이용함. 본 방법은 화분매개울에 작물 생산량을 곱한 물량에 시장가격을 적용하여 화분매개가치를 산정하는 방법임.
- 화분매개울 접근법에서 이용되는 화분매개울은 연구자가 직접 산출하는 것이 아니며, 기존에 다양한 환경에서 연구된 작물별 화분매개울²⁹⁾을 인용하여 산정함. 곤충 화분매개가치는 아래 식 (1)과 같이 정의되며, 꿀벌의 화분매개가치는 식 (1)에 꿀벌의 비중을 곱하여 (2)와 같이 산정됨.

$$V_d = V \times D \quad \text{식 (1)}$$

$$V_p = V \times D \times P \quad \text{식 (2)}$$

단, V_d 는 곤충의 화분매개가치, V_p 는 꿀벌의 화분매개가치, V 는 해당 작물의 생산액, D 는 해당 작물의 곤충화분매개 의존율, P 는 화분매개곤충 중 꿀벌의 비율임.

- 본 접근법의 장점으로서는 화분매개울 측정을 위해 실험 대신 선행연구를 이용하므로 연구 과정이 단순하며, 국가 및 대륙 단위 연구에도 적용이 가능한 점을 들 수 있음.
- 단점으로는 함께 투입되는 부자재(비료·농약) 효과가 감안되지 않으므로 생

²⁸⁾ 화분매개울 접근법 설명은 Potts, S.G. et al.(2016)를 이용하여 작성함.

²⁹⁾ 본 연구에 적용된 화분매개울은 한재환(2014), 정철의 외(2018)에서 정리한 화분매개울을 인용함.

산량 분석법과 같이 화분매개가치가 과대·과소 추정될 가능성이 있으며 화분매개율에 대한 선행 연구가 부족한 작물의 경우 화분매개율에 대한 신뢰성이 부족한 점이 있음. 화분매개율은 해당 지역 및 시점에서 화분이 최대로 수정되었을 경우 생산되는 농산물의 양을 바탕으로 계산되므로 농업 현장에서 부차적인 이유로 화분 활동이 원활하지 않았을 경우 생산되는 농산물은 당초 예상과 차이가 발생하는 문제가 있음.

2.2.2. 가치 측정 결과

○ 본 연구에 적용된 작물은 농업생산액 통계가 작성되고 있는 품목³⁰⁾으로 한정하였으며, 곡류 10개 품목, 과실류 10개 품목, 수실류 6개 품목, 과채류 17품목, 특용 및 약용작물 8품목으로 총 51개 품목을 대상으로 함.

- 가치측정에 사용된 농업생산액은 2020년 기준임.

○ 화분매개율 접근법으로 산정된 꿀벌에 의한 화분매개가치는 5조 3,740억 원으로 집계됨.

- 각 품목 중 과채에서 생성되는 꿀벌에 의한 화분매개가치는 3조 1,700억 원으로 가장 큰 비중을 차지하였으며, 이어서 과실류에서 발생하는 화분매개가치는 1조 8,290억 원을 차지함.

- 특용 및 약용작물의 경우 가치액은 2,680억 원으로 분석되었으며, 수실류가 900억 원, 곡류가 170억 원으로 분석됨. 곡류는 풍매화가 많아 화분매개가치가 작게 측정됨.

³⁰⁾ 화분매개율 접근법은 다양한 품목을 분석 범위에 포함할수록 화분매개가치가 동반 증가하는 특징이 있음. 하지만 생산량이 적은 비주류 작물의 경우 화분매개율이 연구되지 않아 유사작물의 화분매개율을 적용시켜야 하는 한계점이 있음. 또한 이러한 작물은 대부분 생산액 역시 집계되지 않는 한계가 있어 분석에서 제외함.

〈표 4-14〉 농산물 생산액을 이용한 화분매개곤충 가치

단위: 십억 원

작물 유형	품목 수	꿀벌에 의한 화분매개가치(Vp)
곡류	10	17
과실류	10	1,829
수실류	6	90
과채류	17	3,170
특용 및 약용	8	268
합계	51	5,374

자료: 저자 작성.

2.2.3. 품목별 화분매개가치

○ 곡물류의 대부분을 차지하는 쌀, 보리, 밀, 옥수수 등은 풍매화로서 곤충의 수분이 필요하지 않은 작물이며, 고구마 및 감자는 뿌리를 이용하는 식물로 역시 곤충의 수분이 필요 없는 작물임.

○ 콩과 메밀은 곤충의 화분매개가 필요한 작물이며, 이들을 포함한 곡물에서 생성되는 꿀벌의 화분매개가치는 173억 원으로 예측됨.

〈표 4-15〉 곡물류의 곤충 및 꿀벌에 의한 화분매개가치

단위: 십억 원

작물	재배유형	생산액 (V, 십억 원)	곤충 화분매개율 (D) ¹⁾	화분매개곤충 중 꿀벌 비율 (P) ²⁾	화분매개가치 (Vd=V X D)	꿀벌의 화분매개가치 (Vp=Vd X P)
콩	노지	408	0.08	0.50	32.7	16.3
메밀	노지	7	0.40	0.34	2.9	1.0
합계		10,497	-	-	35.5	17.3

주 1) 화분매개율(D) 및 화분매개곤충 중 꿀벌 비율(P)은 한재환(2014) 및 정철의 외(2018)를 이용함.

2) 미곡, 보리, 옥수수, 밀 및 서류작물(감자, 고구마)은 분석에서 제외함.

자료: 농림축산식품 주요통계(2022)의 품목별 생산액을 이용하여 저자 작성.

○ 과실류는 조사대상 품목이 모두 화분매개가 필요한 작목이며, 꿀벌의 화분매개가치는 1조 8,292억 원으로 계측됨.

○ 과실류 중에서 사과와 꿀벌 화분매개가치는 6,302억 원으로 가장 높게 산정되었으며, 이어서 감귤이 4,453억 원, 복숭아 2,882억 원, 감 1,709억 원 순으로 산정됨.

〈표 4-16〉 과실류의 곤충 및 꿀벌에 의한 화분매개가치

단위: 십억 원

작물	재배유형	생산액 (V, 십억 원)	곤충 화분매개율 (D) ¹⁾	화분매개곤충 중 꿀벌 비율 (P) ²⁾	화분매개가치 (Vd=V X D)	꿀벌의 화분매개가치 (Vp=Vd X P)
사과	노지	1,100	0.69	0.83	759.3	630.2
자두	노지	182	0.65	0.42	118.0	49.6
복숭아	노지	601	0.60	0.80	360.3	288.2
감귤	노지	990	0.50	0.90	494.8	445.3
감	노지	334	0.64	0.80	213.6	170.9
배	노지	276	0.45	0.51	124.3	63.4
포도	노지	693	0.10	0.10	69.3	6.9
매실	노지	69	0.69	0.83	47.3	39.2
참다래	노지	76	0.69	0.83	52.1	43.3
블루베리	노지	161	0.69	0.83	111.0	92.1
합계		4,480			2,350.0	1,829.2

주: 화분매개율(D) 및 화분매개곤충 중 꿀벌 비율(P)은 한재환(2014) 및 정철의 외(2018)를 이용함.
자료: 농림축산식품부 주요통계의 품목별 생산액을 이용하여 저자 작성.

○ 수실류 중에는 밤과 대추, 산딸기 등이 화분매개가 필요한 작목이며, 꿀벌의 화분매개가치는 901억 원으로 계측됨.

○ 수실류 중에서 산딸기의 꿀벌 화분매개가치는 537억 원으로 나타났으며, 밤이 230억 원, 대추가 133억 원으로 산정됨.

〈표 4-17〉 수실류의 곤충 및 꿀벌에 의한 화분매개가치

단위: 십억 원

작물	재배유형	생산액 (V, 십억 원)	곤충 화분매개율 (D) ¹⁾	화분매개곤충 중 꿀벌 비율 (P) ²⁾	화분매개가치 (Vd=V X D)	꿀벌의 화분매개가치 (Vp=Vd X P)
밤	노지	102	0.25	0.90	25.6	23.0
대추	노지	76	0.25	0.70	19.0	13.3
산딸기	노지	103	0.65	0.80	67.1	53.7
합계		318			111.8	90.1

주 1) 화분매개율(D) 및 화분매개곤충 중 꿀벌 비율(P)은 한재환(2014) 및 정철의 외(2018)를 이용함.

2) 호도, 잣, 은행은 풍매화이므로 분석에서 제외함.

자료: 농림축산식품 주요통계의 품목별 생산액을 이용하여 저자 작성.

○ 과채류에서 발생하는 꿀벌의 화분매개가치는 3조 1,699억 원으로 추산됨.

이 중 가치가 가장 크게 산정된 품목은 딸기가 1조 1,043억 원으로 산정되며,
이어 건고추가 3,252억 원, 수박(시설)이 3,007억 원으로 산정됨.

- 과채류 중 엽채류와 근채류는 품목 생산 시 화분매개가 필요하지 않은 품목
이므로 분석에서 제외함.

〈표 4-18〉 과채류의 곤충 및 꿀벌에 의한 화분매개가치

단위: 십억 원

작물	재배유형	생산액 (V, 십억 원)	곤충 화분매개율 (D) ¹⁾	화분매개곤충 중 꿀벌 비율 (P) ²⁾	화분매개가치 (Vd=V X D)	꿀벌의 화분매개가치 (Vp=Vd X P)
수박	노지	93	0.80	0.80	74.1	59.3
	시설	470	0.80	0.80	375.8	300.7
참외	시설	386	0.90	0.80	347.0	277.6
오이	노지	77	0.40	0.80	30.9	24.7
	시설	492	0.40	0.80	196.8	157.4
호박	노지	307	0.80	0.80	245.5	196.4
	시설	263	0.80	0.80	210.6	168.5
토마토	시설	755	0.20	0.20	151.0	30.2
딸기	시설	1,227	1.00	0.90	1,227.0	1,104.3
멜론	시설	116	0.80	0.90	93.0	83.7
풋고추	시설	710	0.50	0.80	355.2	284.2

(계속)

작물	재배유형	생산액 (V, 십억 원)	곤충 화분매개율 (D) ¹⁾	화분매개곤충 중 꿀벌 비율 (P) ²⁾	화분매개가치 (Vd=V X D)	꿀벌의 화분매개가치 (Vp=Vd X P)
건고추	노지	813	0.50	0.80	406.5	325.2
가지	노지	32	0.70	0.80	22.7	18.1
	시설	36	0.70	0.80	25.2	20.2
파프리카	시설	299	0.50	0.80	149.4	119.5
합계		8,433			3,910.7	3,169.9

주 1) 화분매개율(D) 및 화분매개곤충 중 꿀벌 비율(P)은 한재환(2014) 및 정철의 외(2018)를 이용함.

2) 엽채류(배추, 양배추, 시금치, 상추, 부추) 및 근채류(무, 당근)는 재배과정에서 수분이 필요하지 않은 품목이므로 분석에서 제외함.

자료: 농림축산식품 주요통계(2022)의 품목별 생산액을 이용하여 저자 작성.

○ 특용 및 약용 작물류에서 발생하는 꿀벌의 화분매개가치는 2,678억 원으로 계측됨.

- 품목별로는 들깨의 꿀벌 화분매개가치가 816억 원으로 가장 크게 집계되었으며, 이어서 오미자가 526억 원, 헛개가 495억 원으로 산정됨.

〈표 4-19〉 특용 및 약용 작물류의 곤충 및 꿀벌에 의한 화분매개가치

단위: 십억 원

작물	재배유형	생산액 (V, 십억 원)	곤충 화분매개율 (D) ¹⁾	화분매개곤충 중 꿀벌 비율 (P) ²⁾	화분매개가치 (Vd=V X D)	꿀벌의 화분매개가치 (Vp=Vd X P)
들깨	노지	408	0.25	0.80	102.0	81.6
참깨	노지	129	0.25	0.80	32.2	25.8
오미자	노지	263	0.25	0.80	65.7	52.6
땅콩	노지	42	0.95	0.70	39.9	27.9
인삼	노지	819	0.05	0.50	41.0	20.5
산수유	노지	4	0.50	0.60	2.1	1.3
구기자	노지	17	0.65	0.80	10.8	8.7
헛개	노지	110	0.50	0.90	55.0	49.5
합계		1,792			348.7	267.8

주: 화분매개율(D) 및 화분매개곤충 중 꿀벌 비율(P)은 한재환(2014) 및 정철의 외(2018)를 이용함.

자료: 농림축산식품 주요통계(2022)의 품목별 생산액을 이용하여 저자 작성.

2.3. 비소모성 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치의 추정

2.3.1. 가치평가의 이론적 배경³¹⁾

- 일반적인 양분선택형 질문에 대한 응답을 분석할 경우 연구자는 응답자가 생각하고 있는 진정한 지불의사금액(WTP)을 직접 관측하기는 매우 어려움. 단지 연구자는 설문 결과에 따른 ‘예’ 또는 ‘아니오’로 구성된 답변을 얻게 됨.
- 또한 설문 대상인 응답자들은 자신의 선호를 파악하고 있으나, 연구자들은 응답자의 선호를 완벽히 파악할 수 없으므로 확률적인 부분이 존재함을 가정하고 오차항을 도입함.
- 이 오차항에 대한 일정한 확률분포를 가정하여 확률모형을 구성하게 되며, 오차항은 개인들의 특성 혹은 평가 대상 재화의 속성에서 기인할 수 있음. 또한 개인들의 선호의 이질성 혹은 측정 오차로 인해서 발생할 수 있음.
- McFadden, D.(1973)이 제시한 확률효용모형은 이후 Bishop, R.C. & T.A. Heberlein(1979)이 CV 양분형 질문기법으로 발전시켰으며, Hanemann, W.M.(1984)이 후생변화 측정과 연결하여 모형을 정립함.
- 화분매개의 비소모성 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치 등은 지불의향 가격 추정을 통해 가치를 평가할 수 있음. 화분매개가치에 대해 응답자 j 의 i 상황에 대한 간접효용함수는 아래와 같이 설정할 수 있음.

$$v_j = v_j(y_j, w_j, z_i, \epsilon_{ij}) \quad \text{식 (3)}$$

³¹⁾ 본 장은 장준경 외(2012)와 정학균 외(2014)를 참조하여 작성함.

단, y_i 는 응답자 j 의 소득, w_j 는 응답자의 인구통계학적 특성 및 선택 대안 관련 속성, z_i 는 설문에 대한 선택 여부, ϵ_{ij} 는 응답자는 알고 있으나 연구자에게는 알려지지 않은 선호를 의미함.

- 설문조사에서 응답자들이 설문 문항에 대해 ‘예’라고 선택하였다면, 제시된 화분매개기능을 향유하기 위해 제시된 금액 A 를 지불할 의사가 있으며, 이 경우 ($z_i=1$)의 효용이 화분매개가 없는 상황($z_i=0$)의 효용보다 크다는 것을 의미함.

$$v_j(y_j - A, w_j, z_i = 1, \epsilon_{ij}) > v_j(y_j, w_j, z_i = 0, \epsilon_{ij}) \quad \text{식 (4)}$$

- 연구자는 설문응답자 효용의 확률적인 부분은 알 수 없으며, 단지 주어진 설문 시나리오에 따라 ‘예’ 또는 ‘아니오’라고 답할 가능성만을 관찰할 수 있음. 응답자 효용의 결정적인 부분과 확률적인 부분이 구분되어 있다고 가정할 경우 응답자들이 ‘예’라고 응답할 가능성은 아래 식과 같이 확률로 나타낼 수 있음.

$$\begin{aligned} \Pr(\text{예}) &= \Pr[\Delta v_j = u_j(y_j - A, w_j, z = 1) - u_j(y_j, w_j, z = 0) + (\epsilon_{1j} - \epsilon_{0j}) > 0] \\ &= \Pr(\Delta v_j + \epsilon_j > 0) = F_\epsilon(\Delta v_j) \end{aligned} \quad \text{식 (5)}$$

단, $F_\epsilon(\Delta v)$ 는 확률변수 ϵ 의 누적확률분포를 의미함.

- 식 (5)에서 표기된 효용차이함수(Δv)는 확률오차항(ϵ)이 독립적이며 동일하게 분포된(i.i.d) 표준 정규분포를 가정할 경우 프로빗 모형(Probit model)으로 추정할 수 있으며, 표준 로지스틱분포를 따른다고 가정하면 로짓모형(Logit model)으로 추정할 수 있음.

2.3.2. 지불의사모형 설정³²⁾

○ 표본의 크기가 n 이고 설명변수 벡터 $X = [1, x_{i1}, \dots, x_{ik}]'$, 종속변수 y_i 는 1 또는 0의 값을 가지고, 로지스틱 확률분포를 따른다고 가정할 경우, 응답자 i 가 1을 선택하는 확률은 아래와 같이 정의됨.

$$p_i(y_i = 1) = \frac{1}{1 + e^{-X\beta}} \quad \text{식 (6)}$$

○ 각 사건은 서로 독립이므로 우도함수는 아래와 같이 정의됨.

$$L = \Pr(y_1, y_2, \dots, y_n) = \prod_{i=1}^n \Pr(y_i) = \prod_{i=1}^n \left(\frac{p_i}{1-p_i} \right)^{y_i} (1-p_i) \quad \text{식 (7)}$$

○ 식 (7)의 양변에 로그를 취하면 아래 식을 도출할 수 있음.

$$\log L = \sum_i \beta x_i y_i - \sum_i \log(1 + e^{X\beta}) \quad \text{식 (8)}$$

○ 최종 목적은 우도를 극대화하는 추정치를 구하는 것이므로 식 (8)에 1계 조건을 적용하게 됨. 따라서 식 (8)을 추정계수에 대해 미분을 하게 되면 계수의 추정치를 얻을 수 있음.

○ 지불의사금액(WTP)은 계수 추정치를 사용하여 아래와 같이 계산됨.

$$WTP_{mean} = \frac{-\bar{X}\beta'}{\beta_0} \quad \text{식 (9)}$$

³²⁾ 본 단락은 이성우 외(2005)를 이용하여 작성함.

단, \bar{X} 는 로짓모형 설정 시 지불의사금액 추정을 위한 각 변수 평균의 열벡터를 의미하며, 상수항은 1로 정의됨. β' 은 추정된 결과의 계숫값들의 행벡터를 의미함.

- 지불의사를 추정하기 위해 식(4)에 해당하는 간접효용의 차이를 개념적인 함수로 아래 식과 같이 나타나며, 본 연구에서는 앞서 설명한 로짓모형 및 전개 과정을 이용하여 지불의사금액의 평균을 추정하였음.

$$pol_val=f(BD, Future_VAL, AGE, AGLIVE, AGEXP, EDU, INCOME) \quad \text{식 (10)}$$

단, BD 는 제시된 지불의사금액이며, $Future_VAL$ 은 해당가치의 미래 중요도 인식 여부, AGE 는 연령, $AGLIVE$ 는 농촌 생활 경험 유무, $AGEXP$ 는 가족 중 영농 유무, EDU 는 교육 정도, $INCOME$ 은 월수입을 의미함.

2.3.3. 변수 및 자료 설명

- 본 조사는 2022년 11월 29일부터 12월 6일까지 한국농촌경제연구원 농업 관측조사 통합관리 시스템에 등록되어 있는 소비자패널 500명을 대상으로, 구조화된 웹 설문지를 이용한 온라인 조사 방식으로 실시함.³³⁾
- 모형에 이용된 변수는 제시된 지불의사금액, 해당 가치의 미래 중요도, 농업에서 화분매개 중요성, 농촌 생활 경험 등 모두 7개의 변수로 설정하였으며, 독립변수에 대한 설명과 기초통계는 <표 4-20>과 같음.

³³⁾ 본 조사에 앞서 각 가치별 적정수준의 지불의사금액 제시를 위해 구조화된 웹 설문지를 이용한 온라인 조사 방식으로 예비조사를 실시함. 자세한 예비조사 내용은 부록을 참고 바람.

○ 소비자가 제시한 지불의사금액은 비소모성 직접사용가치의 경우 1,221원, 간접사용가치가 1,428원, 선택가치가 1,350원으로 간접사용가치가 가장 높게 조사됨.

- 각 영역별 최대금액은 각각 5,000원, 5,500원, 4,500원이었으며, 최솟값은 500원으로 모두 동일하였음.

○ 소비자의 평균 연령은 약 55세이었으며, 월평균 수입은 545만 원으로 조사되었으며, 응답자의 약 40%가 농촌 경험이 있으며, 가족 중 농업에 종사하는 비율은 약 30%로 분석됨. 분석에 사용된 유효표본은 403개³⁴⁾였음.

〈표 4-20〉 변수 설명 및 기초통계 정리

변수명	설명	평균	표준 편차	최솟값	최댓값
BD1	비소모성 직접사용가치 지불의사금액 (원)	1,221	556	500	5,000
BD2	간접사용가치 지불의사금액 (원)	1,428	958	500	5,500
BD3	선택가치 지불의사금액 (원)	1,350	836	500	4,500
AGE	연령	54.9	7.6	25.0	65.0
Future_VAL1	비소모성 직접사용가치의 미래 중요도 (매우 중요해질 것=1,...,전혀 중요하지 않을 것=7)	2.3	1.5	1.0	7.0
Future_VAL2	간접사용가치의 미래 중요도 (매우 중요해질 것=1,...,전혀 중요하지 않을 것=7)	2.5	1.5	1.0	7.0
Future_VAL3	선택가치의 미래 중요도 (매우 중요해질 것=1,...,전혀 중요하지 않을 것=7)	2.4	1.5	1.0	7.0
AGLIVE	농촌 생활 경험(있음=1, 없음=0)	0.4	0.5	0.0	1.0
AGEXP	가족 중 영농 유무(있음=1, 없음=0)	0.3	0.5	0.0	1.0
EDU	교육 정도(초졸 이하=1,..., 대학원 이상=5)	3.7	0.8	1.0	5.0
INCOME	월수입(만 원)	545	237	100	1000
유효 표본 수		403			

자료: 저자 작성.

³⁴⁾ 본 설문조사에 사용된 표본은 농업관측센터 소비자 표본으로서 구성원의 대부분이 여성(주부)으로 구성되어 있어 성별은 변수에서 제외함.

2.3.4. 모형추정 결과

- 로짓 모델을 이용하여 CVM에서 각 함수의 계수를 추정한 결과는 아래와 같음.
각 가치의 제시된 지불의사금액(BD)에 대한 계수값은 각각 -0.002, -0.003, -0.001로 추정되었으며 모두 1% 수준에서 유의한 것으로 분석되었음. 계수값이 음(-)의 값을 보인 것은 제시 금액이 높을수록 지불의사는 감소한다는 것을 의미함.
- 연령(AGE)은 비소모성 직접가치에 대해서는 젊은 층일수록 지불의향금액이 높은 것으로 분석되었으나, 간접사용가치 및 선택가치에 대해서는 통계적 유의성이 나타나지 않음.
- 비소모성 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치가 미래에도 중요할 것이라고 생각하는 정도(Future_VAL)에 대해 중요하다고 생각할수록 지불의향금액이 높은 것으로 분석되었으며, 앞의 두 가치는 각각 1% 수준에서 유의하였으며, 선택가치는 10% 수준에서 유의한 것으로 분석됨.
- 농촌 생활 경험, 가족 농업종사 여부, 교육 수준, 월수입 등은 뚜렷한 통계적 유의성을 보이지 않는 것으로 분석됨.

〈표 4-21〉 모형 추정 결과

구분	비소모성 직접가치		간접사용가치		선택가치	
	계수값	표준오차	계수값	표준오차	계수값	표준오차
상수항	7.518***	1.607	2.064	3.931	4.344***	3.789
BD	-0.002***	0.000	-0.003***	0.001	-0.001***	0.001
AGE	-0.038**	0.017	0.003	0.042	-0.042	0.039
Future_VAL	-0.623***	0.108	-0.641***	0.264	-0.417*	0.224
AGLIVE	-0.028	0.311	0.916	0.699	-0.112	0.771
AGEXP	-0.414	0.345	-0.484	0.803	-0.342	0.893

(계속)

구분	비소모성 직접가치		간접사용가치		선택가치	
	계수값	표준오차	계수값	표준오차	계수값	표준오차
EDU	-0.142	0.236	0.589	0.635	-0.044	0.579
INCOME	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002
구분	χ^2	P-value	χ^2	P-value	χ^2	P-value
Likelihood Ratio	101.8267	0.000	27.9769	0.000	15.2584	0.033
표본 수	403		299		304	

주: ***, **, *은 각각 1%, 5%, 10% 수준에서 유의함을 의미함.

자료: 저자 작성.

2.3.5. 지불의사금액 산정

- 비소모성 직접사용가치의 월평균 지불의향금액은 518원으로 조사되었으며, 연간으로 환산 시 6,213원으로 추산되어 소비자 전체의 지불의사금액은 1,335억 원으로 추정됨.
- 간접사용가치의 월평균 지불의향금액은 1,367원으로 조사되었으며, 연간으로 환산 시 1만 6,400원으로 추산되어 소비자 전체의 지불의사금액은 3,523억 원으로 추정됨.
- 선택가치의 월평균 지불의향금액은 2,626원으로 조사되었으며, 연간으로 환산 시 3만 1,507원으로 추산되어 소비자 전체의 지불의사금액은 6,768억 원으로 추정됨.
- 비소모성 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치의 월평균 지불의향금액 합계는 4,510원으로 조사되었으며, 연간으로 환산 시 5만 4,120원으로 추산되어 소비자 전체의 지불의사금액은 1조 1,625억 원으로 추정됨.

〈표 4-22〉 지불의사금액 산정

구분	비소모성 직접사용가치	간접사용가치	선택가치	합계
지불의사금액(A, 월)	518	1,367	2,626	4,510
지불의사금액(B=A*12, 년)	6,213	16,400	31,507	54,120
가구 수	21,480,000	21,480,000	21,480,000	21,480,000
연간 합계(백만 원)	133,451	352,267	676,778	1,162,495

주: 가구 수는 2021년 인구주택총조사 결과를 이용함.

자료: 저자 작성.

2.4. 정리

○ 본 연구에서 추정한 양봉업(꿀벌과 뒤영벌 포함)의 화분매개가치는 소모성 직접사용가치가 5조 4,346억 원으로 집계되었으며, 비소모성 직접사용가치는 1,335억 원, 간접사용가치는 3,523억 원, 선택가치는 6,768억으로 집계되었으며, 총가치는 약 6조 6,001억 원으로 추정됨.³⁵⁾³⁶⁾

- 이는 2020년 벌꿀 생산액 1,392억 원의 47.4배에 해당하는 값이며, 화분매개기능을 바탕으로 한 양봉산업의 중요성에 대해 강조할 필요가 있음.

〈표 4-23〉 양봉업(꿀벌과 뒤영벌 포함)의 화분매개가치 정리

구분		접근법	추정가치
화분 매개 가치	소모성 직접사용가치	생산농가(A)	생산액 추산 63,315
		사용농가(B)	화분매개법 5,374,252
	소계(A+B)		5,437,567
	비소모성 직접사용가치(C)		CVM 133,451
	간접사용가치(D)		CVM 352,267
	선택가치(E)		CVM 676,778
	소계(C+D+E)		1,162,496
	합계(A+B+C+D+E)		6,600,063

단위: 백만 원

자료: 저자 작성.

35) 화분매개가치 중 소모성 직접사용가치(생산농가)는 생산액 기준, 소모성 직접사용가치(사용농)는 화분매개법, 비소모성 직접사용가치·간접사용가치·선택가치는 CVM으로 추산됨. 가치 추정 방법이 변경될 경우 해당 가치의 규모는 변동될 수 있음.

36) 생산액과 조건부 가치는 상이한 개념이나, 본 보고서에서는 양봉업의 화분매개가치 측정을 위해 두 값을 합산하여 사용함.

○ 본 연구에서 추정된 양봉업의 화분매개가치는 약 6조 6,001억 원으로 정철의 (2008)의 4조 8,000억 원과 한재환(2014)의 5조 8,671억 원보다는 크게 측정됨. 또한 정철의, 신종화(2022)의 가치추정액 5조 2,000억~5조 7,600억 원³⁷⁾보다도 큰 값임.

○ 이는 기존 연구에서 추정된 가치는 소모성 직접사용가치만 포함된 값이며, 기존 연구의 추정치와 본 연구의 소모성 직접사용가치 추정액(5조 4,376억 원)을 비교할 경우 비슷한 값을 보이고 있음. 본 연구는 소모성 직접사용가치와 함께 비소모성 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치를 추가로 추정 및 보완하여 꿀벌의 화분매개가치액이 기존 연구보다 크게 측정됨.

〈표 4-24〉 선행연구 및 본 연구의 화분매개가치 비교

연구	분석 품목 수	분석방법	화분매개 대상 및 가치
정철의(2008)	18개	화분매개 접근법	- 꿀벌: 4조 8,000억 원
한재환(2014)	23개	화분매개 접근법	- 꿀벌: 5조 8,671억 원
정철의 외(2018)	178개	화분매개 접근법	- 꿀벌: 3조 7,500억 원
정철의, 신종화(2022)	71개	화분매개 접근법	- 꿀벌: 5조 2,000억 ~ 5조 7,600억 원
본 연구	51개 품목 및 소비자 조사	화분매개 및 CVM	- 양봉업(꿀벌·뒤영벌): 6조 6,001억 원

주: 정철의, 신종화(2022)의 화분매개가치는 곤충의 화분매개가치 추정액에 꿀벌의 화분매개비중(0.8, 정철의 외, 2018)을 적용하여 산정함.

자료: 저자 작성.

37) 정철의, 신종화(2022)의 추정액에 꿀벌의 화분매개비중(0.8, 정철의 외, 2018)을 적용하여 산정함.

제5장

화분매개가치 증대를 위한 발전방안



5

화분매개가치 증대를 위한 발전방안

1. 화분매개가치의 중요성

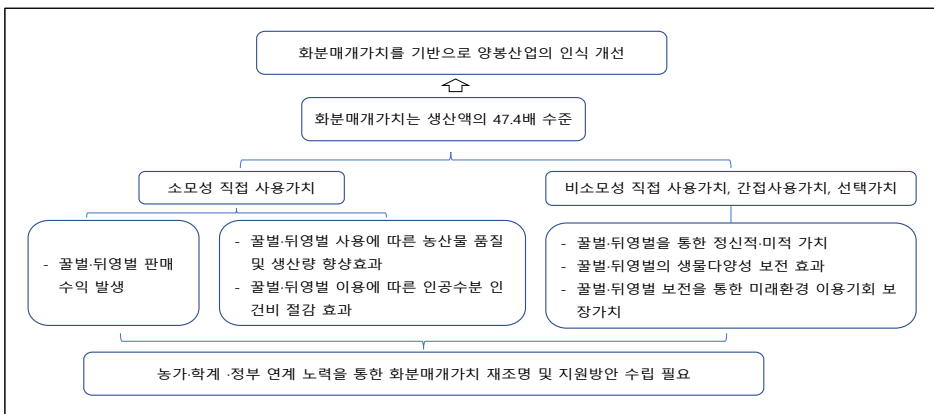
- 우리나라에서 양봉산업은 벌꿀과 부산물 생산에 집중하면서 화분매개가치는 관심을 받지 못하였음. 양봉산업의 규모는 양봉산물(벌꿀)의 생산액에 국한되었으며, 화분매개가치는 평가에서 제외되면서 양봉산업의 가치가 대폭 축소되는 결과가 발생하였음.
 - 꿀벌 및 뒤영벌은 벌꿀 및 꽃가루 채취과정에서 화분매개를 하며, 이를 통해 자연환경 보전과 농산물 생산 기여라는 정의 외부효과를 가지고 있음.
- 최근 진행되고 있는 도시화와 농약사용 증가로 자연계의 화분매개곤충은 감소하고 있으며, 기후변화와 맞물려 꿀벌 집단실종 현상도 빈번히 나타나고 있음. 또한 외부와 단절된 환경에서 재배하는 시설원에 면적이 증가하면서 화분매개 필요성은 점차 증가하고 있음.

- 2020년 꿀벌 및 뒤영벌에 의한 화분매개가 이루어지고 있는 품목은 약 27개이며, 해당 면적은 3만 5,213ha로 전체 재배면적의 28%에 해당함. 화분매개 재배면적은 관련 통계가 작성되기 시작한 2011년 이후 꾸준히 증가하고 있으며, 기존의 꿀벌에 의존하였던 화분매개를 작물 특성에 따라 뒤영벌, 빨가위벌, 파리류 등으로 세분화하여 사용하고 있음.
- 양봉 선진국은 화분매개가치를 자연환경 보전과 생태계 서비스라는 측면에서 의미를 부여하고 있으며, 이를 유지하기 위해 벌의 생태학적 특징을 고려한 종합적인 지원책을 수립 및 시행하고 있음.
- 소비자들은 화분매개가치에 대해 85.4~89.2%가 가치 있다고 응답하였으며, 미래에는 화분매개가치의 중요성이 더욱 중요해질 것으로 생각하는 비율이 78.6~82.4%로 조사되어 소비자들도 화분매개가치의 중요성에 대해 인식도가 높은 것으로 파악되었음.
- 화분매개곤충이 창출하는 가치는 총 6조 6,001억 원으로 추정되며, 이 중 화분매개용 꿀벌 생산농가의 소모성 직접가치는 633억 원, 사육농가의 소모성 직접사용가치는 5조 4,376억 원, 비소모성 직접사용가치, 간접사용가치 및 선택가치는 1조 1,625억 원으로 추산됨.
- 이는 2020년 벌꿀 생산액 1,392억 원의 47.4배에 해당하는 값이며, 화분매개기능이 양봉산업에서 차지하는 중요성에 대해 강조할 필요가 있음. 또한 기존의 양봉산업의 가치를 생산액만으로 한정하는 시각에서 벗어나, 양봉산업이 농산물 생산에 기여하며 동시에 자연경관 유지·환경보전, 생태계 유지에 기여하고 있음을 강조할 필요가 있음.

2. 화분매개가치 증대를 위한 발전방안

- 화분매개가치는 꿀벌·뒤영벌 생산 및 소비농가에서만 창출되는 것이 아니라 환경보전 및 자연생태계 유지 등을 통해서도 창출되며, 이는 일반 국민들도 전반적으로 인정하고 있음. 따라서 화분매개가치 증대를 위해서는 꿀벌·뒤영벌 생산 및 소비농가를 위한 정책과 함께 일반 국민들 대상의 인식 전환 및 강화 노력이 필요함.
- 화분매개에 대한 전반적인 인식 향상과 가치에 대한 평가를 바탕으로 양봉산업의 인식 개선을 시도할 필요가 있음. 현재와 같이 양봉산업을 벌꿀 및 로열젤리 등의 생산에 국한되는 산업으로 인식할 경우, 이는 양봉산업의 성장 한계점으로 작용할 가능성이 높음.
- 화분매개가치 증대를 위해서는 꿀벌·뒤영벌 생산 및 소비기반 지원 측면, 화분매개에 대한 대국민 인식 전환, 화분매개곤충의 지속적인 관리방안 등에 대해 설명하고자 함.

〈그림 5-1〉 화분매개가치를 기반으로 한 양봉산업의 인식 개선



자료: 저자 작성.

2.1. 화분매개용 꿀벌·뒤영벌 생산 및 소비기반 지원

- 화분매개용 꿀벌 사육농가는 벌꿀을 생산하는 일반 양봉농가와는 차이점을 가지고 있음. 일반 양봉농가는 4~5월에는 아까시나무 꿀이 생산되며, 5~6월에는 밤꿀, 이후로는 잡화꿀이 생산되지만, 잡화꿀은 생산성이 낮아 7월 이후 양봉농가는 벌의 사육규모를 증가시키지 않고 일정하게 유지하도록 관리함.
- 하지만 화분매개용 꿀벌 사육농가는 가을 및 겨울철 시설원에 작물 수분에 사용할 수 있도록 꿀벌의 사육마릿수를 7~8월에 증가시키게 됨. 이 기간에 이 상고온 또는 강우일수가 증가하여 꿀벌의 체력이 떨어진 상태에서 병충해(응애)가 발생하면 충분한 수량의 화분매개용 꿀벌 생산이 어려워지게 됨. 이 경우 피해는 화분매개용 꿀벌 사육농가에 그치지 않고 시설원에 농가로 전이될 가능성이 높음.
- 따라서 안정적인 화분매개용 꿀벌 사육기반 조성을 위해서는 환경 저항성이 강한 화분매개용 꿀벌을 생산할 필요가 있음. 현재 대표적인 꿀벌 기생충인 응애가 약제내성을 가지고 있다는 보고가 있으며, 이에 대해 농진청에서는 새로운 응애처리용 약제와 처리기법을 보급하는 중이지만 농가의 수용성이 높지 않은 상황임. 따라서 농가에서는 적극적인 사육 시스템 개선을 통해 꿀벌의 저항력을 높일 수 있도록 노력이 필요한 상황임.
- 이와 함께 화분매개용 꿀벌 및 뒤영벌 생산농가와 사육농가의 안정적인 조달 시스템을 구축할 필요가 있음. 일본의 경우 2019년 시설원에 농가와 양봉농가의 꿀벌 및 뒤영벌의 안정적인 수급을 위해 지자체와 중앙정부가 협력하여 운영하고 있음.
 - 시설원에 농가가 많은 지자체와 양봉농가가 많은 지자체가 중앙정부를 통

해 필요한 봉군수를 협의한 이후, 과부족 또는 과공급이 발생한 지자체에 물량을 지원하는 형식으로 운영하고 있음.

○ 이에 반해 우리나라의 시설원예 농가에서 화분매개용 꿀벌을 필요할 경우, 전국적인 네트워크 구성이 미비하여 시설원예 농가는 주변 지인 또는 근처 양봉 농가에 부탁하는 사례가 빈번함. 결과적으로 지역적 수급 불균형이 자주 발생하며, 이 경우 봉군 물량 부족에 따른 수분 불량과 생산성 저하로 연결되고 있음(윤희일, 2022. 6. 23.).

○ 따라서 일본의 화분매개곤충 조달 시스템을 벤치마킹하여 화분매개곤충 생산농가의 생산기반 안정 및 시설원예 농가의 편의 및 생산성 확보를 유도해야 함. 현재 양봉산업 5개년 종합계획(2022. 6.)에서는 양봉협회 홈페이지에 ‘화분매개 꿀벌 공급’ 사이트를 운영할 예정이며, 시스템의 안정적·효과적인 운영을 위해 지속적인 관리 및 감독이 필요함.

○ 소비자 설문조사 결과 인공수분으로 생산된 농산물보다 곤충수분으로 생산된 농산물의 선호가 더 높게 조사됨. 따라서 화분매개곤충을 사용하는 시설원예 농가는 자신의 농산물이 곤충수분으로 생산되었음을 홍보에 이용하는 방안을 검토할 필요가 있음.

2.2. 지속적인 화분매개곤충 관리방안

○ 현재 사용중인 서양 뒤영벌의 유전자 오염에 대한 연구가 필요한 시점임. 일본에서는 서양 뒤영벌과 일본산 호박벌의 교잡을 통한 유전자 오염 현상이 보고되었으며, 이에 따라 현재 서양 뒤영벌의 사용을 제한하고 있음(Ono, M.,

1997; 윤형주 외(재인용), 2004). 현재 우리나라에서 사용되고 있는 서양 뒤영벌도 같은 사례가 발생할 수 있으므로 토종 호박벌을 이용한 대체 품종을 개발할 필요가 있으며, 이에 대한 연구지원이 필요한 상황임.

- 양봉산업은 기타 축종으로 분류되어 적극적인 통계구축이 되어있지 않은 상황이며, 화분매개 관련 통계 역시 일정 시간 간격(5년)을 두고 발행되고 있음. 따라서 관련 통계구축 간격을 격년 또는 매년으로 단축해 통계를 구축할 필요가 있으며, 현재 구성된 통계 조사 문항도 더욱 세밀화할 필요가 있음.
- 화분매개곤충 생산농가의 생산비·경영비 통계, 지역별 거래가격 및 물량, 곤충 종류 등에 대해 세분화할 필요가 있음.

2.3. 화분매개가치의 적극적 홍보를 통한 국민 인식 전환

- 선진국에서는 화분매개가치를 환경보호 및 먹거리 보전, 생태계 유지 서비스로 인식하고 있으며, 이에 따라 화분매개곤충을 적극적으로 보호하는 정책을 수립 및 시행하고 있으며, 양봉산업 역시 환경보전과 생태계 유지에 도움을 주는 산업으로 인식하고 있음.
- 이에 반해 우리나라는 양봉산업의 주목적을 벌꿀 생산으로 국한하고 있으며, 환경에 기여하는 부분의 중요성에 대해서는 인식도가 상대적으로 떨어지는 상황임.
- 인식도 제고를 위한 홍보활동을 위해서는 양봉 의무자조금제 도입을 통한 재원 확충이 필요함. 현재 양봉산업은 임의자조금제로 운영되고 있어 안정적인 자금 확보가 쉽지 않아 지속적인 홍보 및 방안 마련이 힘든 상황임.

- 적극적인 홍보를 통해 꿀벌 및 뒤영벌의 화분매개가치를 재조명할 경우 이는 양봉산업 전체의 가치 증가와 함께 양봉산업 발전방안 수립 시 중요한 지원 근거로 작용할 수 있음. 양봉산업 발전방안을 통해 농가소득 안정과 생산기반 안정에 따른 환경·생태보존 가치를 유도할 수 있으므로 화분매개가치에 대한 적극적인 홍보가 필요한 시점임.

1. 화분매개가치 측정 방법³⁸⁾

1.1. 품목 총생산액 접근 방법

- 품목 총생산액 접근 방법은 자연계에 존재하는 모든 화분매개곤충 및 동물들이 화분매개 활동을 중지하였을 경우 생산이 중단되는 작물을 집계한 후, 이들 품목의 전체 생산액을 화분매개가치로 치환하는 분석방법임.
- 장점으로는 화분매개에 대한 작물 특성을 100% 또는 0%로 가정하므로 계산이 간단하며, 가치 측정에 필요한 데이터가 상대적으로 적은 점을 들 수 있음. 또한 화분매개 의존율이 매우 높은 작물일수록 화분매개 활동의 부재로 발생하는 피해액은 작물의 잠재적인 생산액으로 수렴하므로 화분매개 의존율이 극히 높은 작물에 대해서는 신뢰성이 존재함.
- 그러나 단점으로는 작물의 화분매개 의존율을 극단적인 경향(100% 또는 0%)으로 가정하기 때문에 화분매개가치가 과대추정될 가능성이 있으며, 화분매개가치의 한계효과 측정이 불가능한 부분이 지적되고 있음. 또한 농가가 기존 작물을 화분매개 의존율이 다른 품종으로 변환할 경우 또는 인공수분 활동에 대한 가치를 측정하기가 어려운 문제점이 있음.

³⁸⁾ 본 장은 Potts, S.G. et al.(2016)를 이용하여 작성함.

1.2. 화분매개곤충 시장가격 접근 방법

- 현재 시장에서 형성되어 있는 화분매개곤충 사용 비용을 재배 중인 전체 작물에 적용하여 화분매개가치를 환산하는 방법임. 이는 현재 사용되고 있는 봉군을 이용하거나(Sandhu, H.S. et al., 2008), 사용 중인 화분매개곤충 전체를 이용하여 분석하는 방법으로 분류됨. 이러한 접근 방법은 다양한 화분매개곤충을 이용하여 산정이 가능하지만, 주로 꿀벌의 화분매개가치 기능을 환산할 때 이용되고 있음.
- 장점으로서는 시장에서 형성되어 있는 화분매개곤충 사용 비용에 근거하여 가치가 산정되므로 이를 근거로 산정한 가치는 회계적 특성을 가지는 점이 있음. 작물에 따른 꿀벌 사용 비용의 차이는 작물의 경제적 가치와 화분매개 서비스의 중요성과 밀접한 연관성을 가지게 되며, 지역별 가격 차이를 산정할 수 있음. 또한 화분매개 활동에 미치는 영향점을 감안 시 미래가치 전망도 가능함(Rucker et al., 2012).
- 단점으로는 화분매개곤충 시장이 형성되지 않은 지역 및 국가에서는 사용이 불가능하며, 시장이 존재하더라도 화분매개곤충 사용비용이 화분매개곤충 사용을 통해 발생하는 편익과 생산량 증대 효과와는 관련이 없다는 주장이 제기되고 있음. 또한 화분매개곤충의 거래가격 양봉산업에서 공급하는 꿀벌의 양에 크게 좌우되기 때문에 화분매개가치 측정에는 부적절함.

1.3. 생산량 분석(Yield Analysis)

- 화분매개곤충의 접근을 차단한 구역과 자유롭게 접근할 수 있는 구역의 작물

생산량 차이를 계측한 뒤, 이를 가격으로 환산한 금액을 화분매개효과로 계측하는 방법임.

- 장점으로는 방화(訪花)가 허용된 대조군과 금지된 실험군을 비교할 수 있으므로 자연환경 내에서 특정 작물의 화분매개효과를 정확히 계측할 수 있음. 또한 같은 작물이라도 품종별로 세밀한 화분매개율 측정이 가능함.
- 단점으로는 현재 많은 연구가 생산량 분석법을 이용하여 화분매개가치를 추정하고 있으나, 연구 방법이 표준화되지 않아 같은 작물에서도 화분매개가치가 다양하게 나타나는 점이 있음. 예를 들어 화분매개를 통해 향상된 작물의 품질을 반영하지 않아 가치가 과소추정될 수 있으며, 화분매개 효과 측정 시 방제·방역 작업이 불가하여 생산량이 감소될 경우 화분매개가치가 과대평가될 가능성이 있음.

2. 예비조사 개요 및 설문 결과

2.1. 설문개요

- 본 조사에 사용할 화분매개가치의 항목별(비소모성 직접사용가치, 간접사용가치, 선택가치)로 적정한 지불의향가격을 파악하기 위해 예비조사를 실시함.
- 2022년 11월 17~22일에 걸쳐 전국 소비자 60가구를 대상으로 구조화된 웹 설문지를 이용한 온라인 조사를 실시함.

2.2. 주요 설문 결과

- 예비조사를 통한 비소모성 직접가치 평균금액은 3,138원, 표준편차는 3,840원으로 집계됨. 간접사용가치 평균금액은 3,953원, 표준편차는 4,852원으로 조사되었으며, 선택가치 평균 금액은 3,438원, 표준편차는 3,824원으로 집계됨.

〈부표 1〉 화분매개가치별 예비조사 응답결과

단위: 원

	비소모성 직접가치	간접사용가치	선택가치
응답치 최댓값	20,000	20,000	20,000
응답치 최솟값	500	500	500
평균값	3,138	3,953	3,438
표준편차	3,840	4,852	3,824
표준편차 적용 최솟값	-702	-898	-387
표준편차 적용 최댓값	6,978	8,805	7,262

자료: 저자 작성.

3. 화분매개가치 측정을 위한 설문지³⁹⁾

□ 꿀벌(뒤영벌, 불가위벌 포함)의 화분매개 기능이란?

→ 사과·배나무 등과 같은 과일나무, 딸기·수박 같은 각종 농작물의 꽃에서 꿀벌이 꿀을 채취하면서 꽃가루 수분을 통해 농작물의 결실에 도움을 주는 현상을 화분매개기능이라고 합니다.

□ 화분매개가치란?

→ 꿀벌이 꽃가루를 수분시키는 과정에서 감상할 수 있는 정신적·미적가치(비소모성 직접사용가치), 꿀벌의 화분매개를 통해 다양한 생물이 살 수 있는 환경이 조성되어 생태계가 보전되는 가치(간접사용가치), 꿀벌을 보전하여 미래에도 아름다운 자연환경을 볼 수 있게 유지하는 가치(선택가치) 등이 있습니다.

〈화분매개가치 구분〉

꿀벌 화분매개가치 종류	설 명
비소모성 직접사용가치	꿀벌이 꽃을 방문하면서 볼수 있는 자연환경에 대한 정신적·미적 가치
간접사용가치	꿀벌의 화분매개를 통해 다양한 생물이 살수 있는 환경이 조성(생물다양성 유지) 되고, 생태계가 보전되는 가치
선택가치	꿀벌을 보전하여 미래 후손들도 아름다운 자연환경을 볼 수있게 유지하는 가치

□ 2022년 봄 꿀벌 대량 실종사태 발생

→ 2021년 8월 이상기온으로 응애(꿀벌 기생충) 발생이 급증하면서 꿀벌의 체력이 전반적으로 약화되었습니다. 이러한 상황에서 2021년 겨울~2022년 겨울철 이상고온으로 꽃이 이른 시기에 개화하면서 꿀벌이 조기에 외부 활동을 하면서 체력이 소진되었고, 외부기온이 낮아지면서 벌통으로 돌아오지 못하는 현상이 나타나면서 대량실종사태가 발생합니다(농촌진흥청 보도자료. 2022. 3. 13).

³⁹⁾ 본 설문지는 김용렬 외(2012)와 정학균 외(2014)를 참고하여 작성함.

→ 피해벌통이 약 39만개(1통 2만 마리를 감안 시 약 78억 마리)이며, 무게로는 780톤(꿀벌 1마리 0.1g가정)의 꿀벌이 사라졌습니다. 이와 같은 꿀벌 대량 실종사태는 환경변화에 따른 영향으로 발생하였으므로 향후에도 계속 발생할 위험성이 있습니다. 꿀벌이 사라지면 농작물의 수분에 큰 악영향을 미치게 되므로 꿀벌의 화분매개가치에 대해 파악하고자 합니다.

1. 설문관련 기본 정보

1. 귀하의 성별은 어떻게 되십니까?

- ① 남자 ② 여자

2. 실례지만, 올 해 만으로 몇 세이십니까? 만()세

- ① 만20세 미만 ② 만20~29세
③ 만30~39세 ④ 만40~49세
⑤ 만50~59세 ⑥ 만60세 이상

3. 귀하께서 현재 거주하고 있는 지역은 어디입니까?

- ① 서울 ② 부산 ③ 대구 ④ 인천
⑤ 광주 ⑥ 대전 ⑦ 울산 ⑧ 경기
⑨ 강원 ⑩ 충북 ⑪ 충남 ⑫ 전북
⑬ 전남 ⑭ 경북 ⑮ 경남 ⑯ 제주

※ 지금부터는 꿀벌의 화분매개시 발생하는 가치의 각 영역별로 구체적인 자료를 제시하겠습니다. 제시되는 자료를 잘 읽으시고, 질문에 답해 주시기 바랍니다.

2. 꿀벌이 꽃을 방문하면서 볼수 있는 자연환경에 대한 정신적·미적 가치 (비소모성 직접사용가치)

화분매개가치-1

〈꿀벌이 꽃을 방문하면서 볼수 있는 자연환경에 대한 정신적·미적 가치〉

꿀벌이 꽃을 방문하면서 볼 수 있는 자연환경에 대해 아름다움이나 편안함을 느끼실 때 정신적·미적 가치가 발생합니다. 이와 같이 꿀벌이 수분과정에서 발생하는 아름다움에 대한 가치에 대해 질문하고자 합니다.

〈 예시 〉

〈꿀벌과 자연환경에 대한 정신적·미적가치〉



자료: KBS 뉴스. 2018. 10.9. '형형색색' 활짝 핀 국화...깊어가는 가을



자료: 농사로. 2022.10. 6. 겨울철 딸기, 수박 화분 매개용 벌 지금부터 준비하세요

4. 귀하는 위에서 설명해 드린 바와 같이 꿀벌이 꽃가루 수분을 위해 꽃을 방문하는 광경에 정신적·미적 가치가 존재한다고 생각하십니까? 귀하의 생각과 가장 가까운 보기를 선택해 주십시오.

가치가 없다 ←-----		중간			-----> 가치가 있다	
전혀 가치 없다	가치 없다	별로 가치 없다	보통	어느 정도 가치 있다	가치 있다	매우 가치 있다
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

5. 만약 꿀벌의 연쇄실종사태가 계속 발생한다면 벌이 꽃가루 수분을 위해 꽃을 방문하는 모습이 크게 줄어들게 됩니다. 우리 자신과 이웃을 위하여 이러한 꿀벌의 정신적·미적 가치를 유지하려면 국민들의 지원이 필요합니다. 국민들이 기꺼이 납부하고자 하는 지원금으로 꿀벌의 정신적·미적 가치 기능이 유지될 수 있다고 가정하여 주시기 바랍니다.

이러한 경우 국민의 힘으로 현재 수준의 꿀벌의 정신적·미적 가치를 유지시키기 위해서 귀하의 가구에서 일정정도의 꿀벌의 개체유지를 위한 특별부담금을 낼 생각이 있으십니까?

① 예, 내겠습니다 → 5-1번으로

② 아니오, 내지 않겠습니다 → 6번으로

5-1. 특별부담금을 낼 의향이 있다고 응답하신 경우, 구체적으로 한 달에 P원의 세금이나 기부금을 납부하실 생각이 있으십니까?

※ <주의> 앞의 표에서 제시된 꿀벌의 수분과정에서 발생하는 정신적·미적 가치에 해당하는 금액만을 적어주시기 바랍니다.

① 있다. → 5-1-1번으로 ② 없다. → 5-1-2번으로

5-1-1. 그렇다면 꿀벌의 정신적·미적 가치를 유지·보전하기 위하여 귀하의 가구에서는 한 달에 2P원의 세금이나 기부금을 납부할 생각이 있으십니까?

① 있다. ② 없다.

5-1-2. 그렇다면 꿀벌의 정신적·미적 가치를 유지·보전하기 위하여 귀하의 가구에서는 한 달에 P/2원의 세금이나 기부금을 납부할 생각이 있으십니까?

① 있다. ② 없다. → 5-2번으로

5-2. P/2원의 세금이나 기부금을 납부할 생각이 없다고 응답하신 경우, 귀하께서 납부할 용의가 있으신 금액을 직접 기입하여 주십시오.

() 원

5-3. 귀하께서는 위의 5-1, 5-1-1, 5-1-2번 질문에 대한 귀하의 응답을 어느 정도 확신하십니까?

() % (0~100%로 응답)

3. 꿀벌의 화분매개를 통해 다양한 생물이 살 수 있는 환경이 조성(생물다양성 유지)되고, 생태계가 보전되는 가치(간접사용가치)

화분매개가치-2

〈간접사용가치: 생물다양성 및 생태계 보전가치〉

꿀벌이 꽃가루를 수분시키면서 다양한 식물이 번식할 수 있으며, 식물이 성장하면서 다양한 곤충 및 동물이 살 수 있는 환경이 조성되어 생태계가 보전됩니다. 이와 같이 꿀벌이 꽃가루를 수분시키면서 발생하는 생물 다양성과 생태계가 보전되는 가치에 대해 질문하고자 합니다.

〈 예시 〉

〈꿀벌이 생태계에 미치는 영향〉	
 <p>자료: 조선미디어. 2017. 8. 9. 사라지는 꿀벌, 우리가 지킵니다</p>	 <p>자료: 키즈현대. 양봉가 꿀벌 실종사건! 꿀벌은 갑자기 왜 사라졌을까?</p>

6. 귀하는 위에서 설명해 드린 바와 같이 꿀벌의 꽃가루 수분 과정을 통해 식물이 번식하고, 이를 통해 다양한 생물이 생존하며 생태계가 보전되는 기능에 가치가 존재한다고 생각하십니까? 귀하의 생각과 가장 가까운 보기를 선택해 주십시오.

가치가 없다 ←-----		중간			-----> 가치가 있다	
전혀 가치 없다	가치 없다	별로 가치 없다	보통	어느 정도 가치 있다	가치 있다	매우 가치 있다
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

7. 만약 꿀벌의 연쇄실종사태가 계속 발생한다면 꿀벌의 꽃가루 수분이 크게 줄어들게 되고, 생물다양성과 생태계 보전에 악영향이 발생합니다. 우리 자신과 이웃을 위하여 이러한 꿀벌의 생물다양성과 생태계 보전가치를 유지하려면 국민들의 지원이 필요합니다. 국민들이 기꺼이 납부하고자 하는 지원금으로 꿀벌의 생물다양성과 생태계 보전가치 기능이 유지될 수 있다고 가정하여 주시기 바랍니다.

이러한 경우 국민의 힘으로 현재 수준의 꿀벌의 생물다양성과 생태계 보전가치를 유지시키기 위해서 귀하의 가구에서 일정정도의 꿀벌의 개체유지를 위한 특별부담금을 낼 생각이 있으십니까?

① 예, 내겠습니다 → 7-1번으로 ② 아니요, 내지 않겠습니다 → 8번으로

7-1. 특별부담금을 낼 의향이 있다고 응답하신 경우, 구체적으로 한 달에 P원의 세금이나 기부금을 납부하실 생각이 있으십니까?

※ 〈주의〉 앞의 표에서 제시된 꿀벌의 수분과정에서 발생하는 생물다양성과 생태계 보전가치에 해당하는 금액만을 적어주시기 바랍니다.

① 있다. → 7-1-1번으로 ② 없다. → 7-1-2번으로

7-1-1. 그렇다면 꿀벌의 생물다양성과 생태계 보전가치를 유지·보전하기 위하여 귀하의 가구에서는 한 달에 2P원의 세금이나 기부금을 납부할 생각이 있으십니까?

① 있다. ② 없다.

7-1-2. 그렇다면 꿀벌의 생물다양성과 생태계 보전가치를 유지·보전하기 위하여 귀하의 가구에서는 한 달에 P/2원의 세금이나 기부금을 납부할 생각이 있으십니까?

① 있다. ② 없다. → 5-2번으로

7-2. P/2원의 세금이나 기부금을 납부할 생각이 없다고 응답하신 경우, 귀하께서 납부할 용의가 있으신 금액을 직접 기입하여 주십시오.

() 원

7-3. 귀하께서는 위의 7-1, 7-1-1, 7-1-2번 질문에 대한 귀하의 응답을 어느 정도 확신하십니까?

() % (0~100%로 응답)

4. 꿀벌을 보전하여 미래 후손들도 꿀벌의 가치를 누릴 수 있게 유지하는 가치 (선택가치)

화분매개가치-3 <선택가치>

꿀벌을 잘 보전하여 미래 후손들도 꿀벌이 꽃가루를 수분시키면서 생기는 자연풍경을 감상하는 기회를 제공하며, 또한 미래에도 생물다양성과 생태계가

잘 보전될 수 있도록 할 필요가 있습니다. 이와 같이 미래의 후손들이 미래의 환경을 잘 보전받기 위해 우리가 현재 꿀벌을 보전해야 하는 가치(선택가치)에 대해 질문하고자 합니다.

< 예시 >

<미래 후손과 환경을 위해 꿀벌을 보전해야 하는 가치>

자료: 한국환경안전공단. 2021. 8. 점점 줄어드는 꿀벌? 이상기후가 생태계에 미치는 영향.

우리가 몰랐던 꿀벌의 가치

자료: 삼성디스플레이 뉴스룸. 사라진 꿀벌 찾아 삼만리 그 많던 꿀벌은 다 어디로 갔을까

8. 귀하는 위에서 설명해 드린 바와 같이 꿀벌을 보전하여 미래후손들도 꿀벌이 가지는 가치(자연풍경 및 생태계 보전, 생물다양성 보전가치)를 전달할 필요가 존재한다고 생각하십니까? 귀하의 생각과 가장 가까운 보기를 선택해 주십시오.

가치가 없다 ←-----		중간			-----> 가치가 있다	
전혀 가치 없다	가치 없다	별로 가치 없다	보통	어느 정도 가치 있다	가치 있다	매우 가치 있다
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

9. 만약 꿀벌의 연쇄실종사태가 계속 발생한다면 미래 후손들에게 꿀벌이 가지는 가치(농산물 생산증가, 자연풍경 및 생태계 보전, 생물다양성 보전가치)를 전달하기가 어렵게 됩니다. 우리 후손을 위하여 이러한 꿀벌이 가지는 가치(농산물 생산증가, 자연풍경 및 생태계 보전, 생물다양성 보전가치)를 전달하려면 국민들의 지원이 필요합니다. 국민들이 기꺼이 납부하고자 하는 지원금으로

꿀벌이 가지는 가치(자연풍경 및 생태계 보전, 생물다양성 보전가치)기능이 후손에게 전달될 수 있다고 가정하여 주시기 바랍니다.

이러한 경우 국민의 힘으로 현재 수준의 꿀벌이 가지는 가치(자연풍경 및 생태계 보전, 생물다양성 보전가치)를 미래세대에게 전달시키기 위해서 귀하의 가구에서 일정정도의 꿀벌의 개체유지를 위한 특별부담금을 낼 생각이 있으십니까?

① 예, 내겠습니다 → 9-1번으로 ② 아니오, 내지않겠습니다 → 10번으로

9-1. 특별부담금을 낼 의향이 있다고 응답하신 경우, 구체적으로 한 달에 P원의 세금이나 기부금을 납부하실 생각이 있으십니까?

※ <주의> 앞의 표에서 제시된 꿀벌의 가치를 미래세대에게 전달하는 선택가치에 해당하는 금액만을 적어주시기 바랍니다.

① 있다. → 9-1-1번으로 ② 없다. → 9-1-2번으로

9-1-1. 그렇다면 꿀벌의 가치(자연풍경 및 생태계 보전, 생물다양성 보전가치)를 미래세대에게 전달하기 위하여 귀하의 가구에서는 한 달에 2P원의 세금이나 기부금을 납부할 생각이 있으십니까?

① 있다. ② 없다.

9-1-2. 그렇다면 꿀벌의 가치(자연풍경 및 생태계 보전, 생물다양성 보전가치)를 미래세대에게 전달하기 위하여 귀하의 가구에서는 한 달에 P/2원의 세금이나 기부금을 납부할 생각이 있으십니까?

① 있다. ② 없다. → 9-2번으로

9-2. P/2원의 세금이나 기부금을 납부할 생각이 없다고 응답하신 경우, 귀하께서 납부할 용의가 있으신 금액을 직접 기입하여 주십시오.

() 원

9-3. 귀하께서는 위의 7-1, 7-1-1, 7-1-2번 질문에 대한 귀하의 응답을 어느 정도 확신하십니까?

() % (0~100%로 응답)

[꿀벌의 화분매개가치 공유]

다음의 질문(10~13)은 꿀벌의 화분매개가치 공유에 관한 것입니다. 질문을 읽고 해당되는 보기에 V표해 주시거나 의견을 적어 주시기 바랍니다.

10. 국가정책으로 꿀벌의 화분매개가치를 유지·보전하려면 예산이 필요합니다. 재원 조달을 위해 앞에서 응답해주신 바와 같이 국민들이 꿀벌의 화분매개가치 유지 및 보전을 위한 지원금을 내주시는 수단으로는 어떤 방식이 적절하다고 생각하십니까?

- ① 꿀벌의 화분매개가치 유지·보전금은 세금으로 조달한다
- ② 정부출연금과 보조금으로 꿀벌의 화분매개가치 유지·보전 기금을 마련한다
- ③ 꿀벌의 화분매개가치 유지·보전을 원하는 국민의 기부금으로 충당한다
- ④ 기타

11. 꿀벌의 화분매개가치를 생산하고 있는 양봉인들에게 국민들이 모아주신 지원금을 전달하는 방식으로서 직접지불금 방식으로 지급하는 방안에 대해 어떻게 생각하십니까?

- ① 예, 적절하다고 생각합니다 ② 아니오, 부적절하다고 생각합니다

12. (납부 의사가 모두 ‘없다’라고 응답한 경우)납부하실 생각이 없다고 응답하신 가장 큰 이유는 무엇인지 한 가지만 골라주십시오.

- ① 지원금을 납부하고 싶지만 경제적 여유가 없어서
- ② 지원금을 납부하고 싶지만 제시 금액이 너무 커서
- ③ 꿀벌의 화분매개가치를 보전할 필요가 없으므로
- ④ 양봉업과 관련있는 사람이나 단체가 보전해야 하므로
- ⑤ 자연 환경 및 생태계는 자연적으로 보전되므로
- ⑥ 기타

13. 귀하께서는 미래에 앞에서 응답해주신 꿀벌의 화분매개가치가 얼마나 중요해질 거라고 생각하십니까?

		전혀 중요 하지 않을 것	중요 하지 않을 것	별로 중요 하지 않을 것	보통	다소 중요해 질 것	중요해 질 것	매우 중요해 질 것
1	꿀벌이 꽃을 방문하면서 볼수 있는 자연환경에 대한 정신적·미적 가치 (비소모성 직접사용가치))	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
2	꿀벌의 화분매개를 통해 다양한 생물이 살 수 있는 환경이 조성(생물다양성 유지)되고, 생태계가 보전되는 가치 (간접사용가치)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
3	꿀벌을 보전하여 미래 후손들도 꿀벌의 가치를 누릴 수 있게 유지하는 가치(선택가치)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

다음의 질문(14~16)은 평소 꿀벌의 수분(화분매개)에 대해 가지고 계신 인식에 관한 질문입니다. 질문을 읽고 해당되는 보기에 V표해 주시거나 의견을 적어 주시기 바랍니다.

14. 귀하께서는 위에서 말씀드린 꿀벌의 화분매개가치에 대해서 알고 계셨습니까?

전혀 모른다	모른다	잘 모른다	보통	어느 정도 알고 있다	알고 있다	잘 알고 있다
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

15. 귀하께서는 농업에서 차지하는 꿀벌의 화분매개의 중요성에 대해 어떻게 생각하십니까?

	전혀 중요하지 않음	중요하지 않음	별로 중요하지 않음	보통	다소 중요	중요	매우 중요
농업에서 차지하는 꿀벌의 화분매개 중요성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

16. 일부 농산물은 인공수분을 통해 생산됩니다. 귀하께서는 가격에 따라 인공수분과 자연수분된 농산물을 선택할 수 있다면, 어느 쪽을 선택하시겠습니까?

※ 인공수분: 사람이 직접 꽃가루 또는 꽃가루 대체약품(지베렐린)을 이용하여 수정시킴.
자연수분: 벌, 나비 등의 곤충 또는 새, 자연현상(바람)에 의해 수정함.

	인공수분된 농산물	자연수분된 농산물	상관없음
자연수분된 농산물 가격이 인공수분보다 10% 저렴한 경우	①	②	③
자연수분과 인공수분 농산물 가격이 동일한 경우	①	②	③
자연수분된 농산물 가격이 인공수분보다 10% 비싼 경우	①	②	③

다음의 질문(17~22)은 인구 통계적 특성에 관한 질문입니다. 응답해주신 내용은 통계분석 용도로만 사용됩니다.

17. 귀하께서는 농촌에서 생활하신 적이 있습니까?

- ① 그렇다 ② 아니다

18. 귀하의 부모나 형제 중에 농사를 짓는 분이 있습니까?

- ① 그렇다 ② 아니다

19. 실례지만 최종학력이 어떻게 되십니까?

- ① 초등학교 졸업 이하 ② 중학교 졸업 이하
- ③ 고등학교 졸업 이하 ④ 대학교 졸업 이하
- ⑤ 대학원 입학 이상

20. 귀하께서 현재 함께 거주하시는 가족 구성원은 모두 몇 명입니까?

() 명

21. 귀 덕의 가구원 전체를 합하여 한 달 평균 월수입은 얼마입니까?

- ① 100만 원 미만
- ② 100만 원 ~ 200만 원 미만
- ③ 200만 원 ~ 300만 원 미만
- ④ 300만 원 ~ 400만 원 미만
- ⑤ 500만 원 ~ 1,000만 원 미만
- ⑥ 1,000만 원 이상

22. 귀하께서는 낱별에 대한 정보를 어느 경로를 통해 얻습니까?(복수응답)

- ① 텔레비전 등 방송
- ② 라디오
- ③ 신문(중앙일간지)
- ④ 농업 관련 전문지 또는 잡지
- ⑤ 인터넷(홈페이지, 블로그 등)
- ⑥ 모바일(스마트폰 어플, SNS 등)
- ⑦ 정부 홍보용 책자
- ⑧ 농업, 농촌 관련기관(예: 농촌진흥청 귀농귀촌지원센터, 농업기술센터, 한국농촌경제연구원 등)

참고문헌

- 국립농업과학원. (2016). 화분매개곤충 이용현황 및 전망.
- 국립농업과학원. (2021). 화분매개곤충 이용현황 및 전망.
- 권오상. (2013). 환경경제학. pp.422-424. 박영사.
- 길청순, 차경준, 김도형. (2021). 양봉산업 현황 실태조사. 지역농업네트워크.
- 김남정, 김미애, 김성현, 김원태, 김정환, 김종희, 박해철, 윤형주, 이준석, 정명표, 조창섭, 최영철. (2012). 곤충사육매뉴얼. 농림축산식품부.
- 김용렬, 정학균, 민자혜. (2012). 시대변화에 따른 농업·농촌의 공익적·경제적 가치 재조명. 한국농촌경제연구원.
- 농림축산식품 주요통계. (2022). 농림축산식품부.
- 농촌진흥청 보도자료. (2022. 3. 14.). “전국 양봉농가 월동 꿀벌 피해 민관 합동 조사 결과.”
- 서동균, 이상범, 이상용, 박성호, 김동수, 김원태, 박관호, 최영철. (2011). “화분매개곤충이 국내 주요 과수생산에 미치는 경제적 효과 분석.” Journal of Apiculture. 제26권 제4호. pp.331-340.
- 안소은, 배두현, 전철현, 윤정호. (2010). 환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 II. 한국환경정책평가연구원.
- 윤형주, 김삼은, 이상범, 심하식. (2004). “호박벌(*Bombus ignitus*)과 서양뒤영벌(*B. terrestris*)의 봉세발달 비교.” 한국응용곤충학회지. 제43권 제2호. pp.117-121.
- 윤형주, 이경용, 박인균, 김미애, 김윤미, 강필돈. (2013). “채소 및 과수 작목에서 화분매개곤충 이용현황 실태조사.” Journal of Apiculture. 제28권 제1호. pp.9-18.
- 윤희일. (2022. 6. 23.). “수박 값 폭등 원인이 꿀벌 실종 사태?” 경향신문.
- 이성우, 민성희, 박지영, 윤성도. (2005). 로짓·프라빗 모형 응용. 박영사.
- 장수은, 강지혜, 이범신, 윤석강. (2008). “철도의 선택 및 비사용가치에 관한 연구.” 대한교통학회지. 제26권 제6호. pp.143-154.
- 장준경, 이현정, 조숙진, 박미수, 엄영숙, 김용주, 이주석, 권오상, 김진옥, 신영철, 유승훈, 서영. (2012). 예비타당성 조사를 위한 CVM 분석지침 개선 연구. KDI 공공투자관리센터, 한국환경경제학회.
- 정철의, 신종화. (2022). “한국 농업에서 곤충 화분매개 서비스를 통한 식량 생산 증진 기능 평가.” 한국응용곤충학회지. 제61권 제1호. pp.229-238. 한국응용곤충학회.
- 정철의, 삼팻고시, 임영대, 금은선. (2018). 농작물 생산에 영향을 미치는 화분매개곤충의 경제적 가치 평가. 안동대학교 산학협력단.

- 정철의. (2008). “한국 과수 및 채소 작물 생산에서 꿀벌 화분매개의 경제적 가치 평가.”
Journal of Apiculture. 제23권 제2호. pp.147-152. 한국양봉학회.
- 정학균, 김창길, 김종진. (2014). 친환경농업 직접지불제 개편방안 연구. 한국농촌경제연구원.
- 한재환. (2014). 양봉산업의 현황과 발전방안. 한국농촌경제연구원.
- Allsopp, M.H., W.J. de Lange. & R. Veldtman. (2008). Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement. PLoS One. 3(9).
- An, J.D. & W.F. Chen. (2011). “Economic value of insect pollination for fruits and vegetables in China.” Acta Entomologica Sinica. 54(4). pp.443-450.
- Association of American Pesticide Control Officials. (2019). National Assessment - Pollinator Protection Plans.
- Australian Honey Bee Industry. (2022). Biosecurity Code of Practice.
- Barfield, A.S., J.C. Bergstrom, S. Ferreira, A.P. Covich. & K.S. Delaplane. (2015). “An Economic Valuation of Biotic Pollination Services in Georgia.” Journal of Economic Entomology. 108(2). pp.388-398.
- Basu, P., R. Bhattacharya. & P. Ianetta. (2011). Decline in pollinator dependent vegetable crop productivity in India indicates pollination limitation and consequent agro-economic crises. Nature Precedings.
- Bauer, D.M. & S. Wing. (2016). The Macroeconomic Cost of Catastrophic Pollinator Declines.
- Bishop, R.C. & T.A. Heberlein. (1979). “Measuring values of extramarket goods: Are indirect measures biased?” American journal of agricultural economics. 61(5). pp.926-930.
- Brading, P., A. El-Gabbas, S. Zalat. & F. Gilbert. (2009). “Biodiversity Economics: The Value of Pollination Services to Egypt.” Egyptian Journal of Biology. 11. pp.46-51.
- Breeze, T.D., A.P. Bailey, S.G. Potts. & K.G. Balcombe. (2015). “A Stated Preference Valuation of UK Pollination Services in the UK.” Ecological Economics. 111. pp.76-85.
- Calderone, N.W. (2012). “Insect Pollinated Crops, Insect Pollinators and US Agriculture: Trend Analysis of Aggregate Data for the Period 1992-2009.” PLoS One. 7(5). e37235.
- Calzoni, G.L. & A. Speranza. (1998). “Insect controlled pollination in Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.).” Scientia Horticulturae. 72(3-4). pp.227-237.

- Canadian Honey Council. (2001). Pollination Value: Hivelights. 14(4). pp.15-21.
- Carreck N.L., Williams I.H. and Little D.J. (1997) The Movement of honey bee colonies for crop pollination and honey production by beekeepers in Great Britain: *Bee World* 78. pp.67-77.
- Chaplin-Kramer, R., Tuxen-Bettman, K. and Kremen, C. (2011). Value of Wildland Habitat for Supplying Pollination Services to Californian Agriculture; *Rangelands* 33. pp.33-41
- Cook, D.C., M.B. Thomas, S.A. Cunningham, D.L. Anderson. & P.J. De Barro. (2007). "Predicting the economic impact of an invasive species on an ecosystem service. *Ecological Applications*." 17(6). pp.1832-1840.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B.K. Hannon, Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton. & van den Belt M. (1997). "The Value of the World's Ecosystem Service and Natural Capital." *Nature*. 387. pp.253-260.
- De Marco Junior, P. & F.M. Coelho. (2004). "Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural culture's pollination and production." *Biodiversity & Conservation*. 13(7). pp.1245-1255.
- Gallai, N., J.M. Salles, J. Settele. & B.E. Vaissiere. (2009). "Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline." *Ecological Economics*. 68(3). pp.810-821.
- Garratt, M.P.D., T.D. Breeze, N. Jenner, C. Polce, J.C. Biesmeijer. & S.G. Potts. (2014). "Avoiding a bad apple: insect pollination enhances fruit quality and economic value." *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 184. pp.34-40.
- Giannini, T.C., G.D. Cordeiro, B.M. Freitas, A.M. Saraiva. & V.L. Imperatriz-Fonseca. (2015). "The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil." *Journal of Economic Entomology*. 108(3). pp.849-857.
- Gill, R. A. (1989). The value of pollination services in Australia. *Australasian Beekeeper*. 91(5). pp.256-275.
- Gill, R.A. (1991). The Applicability of the Economic Surplus Model to the Valuation of Honey bee Pollination Services in Australia.
- Gordon, J. & L. Davis. (2003). Valuing honeybee pollination. *Rural Industries*

- Research & Development Corporation. Canberra, ACT, Australia. Paper 03/077.
- Greenleaf, S. S. & C. Kremen. (2006). "Wild Bees Enhance Honey bees Pollination of Hybrid Sunflower." *Proceedings of the National Academy of Sciences of The United States Of America*. 103(37). pp.13890-13895.
- Guerra-Sanz, J.M. (2008); James R.R. & Pitts-Singer T.L. (eds.). *Bee Pollination in Agricultural Ecosystems*. Oxford University Press.
- Halleux, Vivienne. (2021). Protecting pollinators in the EU. European Parliament.
- Hanemann, W.M. (1984). "Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses." *American journal of agricultural economics*. 66(3). pp.332-341.
- Kasina, J.M., J. Mburu, M. Kraemer. & K. Holm-Mueller. (2009). "Economic Benefit of Crop Pollination by Bees: A Case of Kakamega Small-Holder Farming in Western Kenya." *Journal of Economic Entomology*. 102(2). pp.467-473.
- Klatt, B.J., A. Holzschuh, C. Westphal, Y. Clough, I. Smit, E. Pawelzik. & T. Tscharntke. (2014). "Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 281: p.20132440.
- Klein, A.M., B.E. Vaissiere, J.H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S.A. Cunningham, C. Kremen. & T. Tscharntke. (2007). "Importance of pollinators in changing landscapes for world crops." *Proceedings of the royal society B: biological sciences*. 274. pp.303-313.
- Lautenbach, S., R. Seppelt, J. Liebscher. & C.F. Dormann. (2012). "Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit." *PLoS ONE*. 7(4): e35954.
- Leonhardt, S.D., N. Gallai, L.A. Garibaldi, M. Kuhlmann. & Klein A.M. (2013). "Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe." *Basica and Applied Ecology*. 14: pp.461-471.
- Levin, M.D. (1983). "Value of bee pollination to United States agriculture." *Bulletin of the Entomological Society of America*. 29(4). pp.50-51.
- Losey, J. E., & Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*. 56(4). pp.311-323.

- Lye, G.C., S.N. Jennings, J.L. Osborne. & D. Goulson. (2011). "Impacts of the use of Nonnative Commercial Bumble Bees for Pollinator Supplementation in Raspberry." *Journal of Economic Entomology*. 104(1). pp.107-114.
- Matheson, A. & M. Schrader. (1987). "The value of Honey bees to New Zealand's primary production." Ministry of Agriculture and Fisheries. p.5.
- McFadden, D. (1973). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior.
- Metcalf, C.L., W.P. Flint. & R.L. Metcalf. (1962). *Destructive and useful insects: their Habits and Control* (4th ed.). McGraw-Hill Book CO. Inc., New York and London. p.1087.
- Morse, R.A. & N.W. Calderone. (2000). "The Value of Honey Bees As Pollinators of U.S. Crops in 2000." *Bee culture*. 128(3). pp.1-15.
- Mouton, M. (2011). Significance of Direct and Indirect Pollination Ecosystem Services to the Apple Industry in the Western Cape of South Africa. MSc Thesis University of Stellenbosch.
- Mwebaze, P., G.C. Marris, G.E. Budge, M. Brown, S.G. Potts, T.D. Breeze. & A. MacLeod. (2010). Quantifying the Value of Ecosystem Services: A Case Study of Honey bee Pollination in the UK. Contributed Paper for the 12th Annual BIOECON Conference.
- Nderitu, J., G. Nyamasyo, M. Kasina. & M.L. Oronje. (2008). "Diversity of sunflower pollinators and their effect on seed yield in Makueni District, Eastern Kenya." *Spanish Journal of Agricultural Research*. 6(2). pp.271-278.
- Olschewski, R., T. Tschardtke, P.C. Benítez, S. Schwarze. & A. Klein. (2006). "Economic Evaluation of Pollination Services Comparing Coffee Landscapes in Ecuador and Indonesia." *Ecology and Society*. 11(1). pp.7-12.
- Ono, M. (1997). Ecological implications of introducing *Bombus terrestris*, and significance of domestication of Japanese native bumblebees (*Bombus* spp.). In *Proc. Int. Workshop on Biological Invasions of Ecosystem by Pests and Beneficial Organisms*. NIAES, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan. pp.242-252.
- Partap, U. & T. Ya. (2012). "The Human Pollinators of Fruit Crops in Maoxian County, Sichuan, China." *Mountain Research and Development*. 32(2). pp.176-186.
- Pimtel, D., Wilson, C., McCullen, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q.,

- Saltman, T. and Cliff, B. (1997). Economic and Environmental benefits of Biodiversity; *Bioscience* 47. pp.747-757.
- Pollinator Health Task Force. (2015). National Strategy to Promote the Health of Honey Bees and Other Pollinators. The White House.
- Potts, S.G., V.L. Imperatriz-Fonseca, H.T. Ngo, J.C. Biesmeijer, T.D. Breeze, L.V. Dicks. L.A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele. & A.J. Vanbergen. (2016). The assessment report on pollinators, pollination and food production: summary for policymakers. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- Priess, J.A., M. Mimler, A.M. Kiein, S. Schwarze, T. Tscharntke. & I. Steffan-Dewenter. (2007). "Linking Deforestation Scenarios to Pollination Services and Economic Returns in Coffee Agroforestry Systems." *Ecological Applications*. 17(2). pp.407-417.
- Ritter, D.J. (2013). The Economic Value of Native Pollinators in Regard to Oregon Blueberry Production. MSc Thesis, Oregon State University.
- Robinson, W., R. Nowogrodzki. & R. Morse. (1989). "The value of honey bees as pollinators of U.S. crops." *American Bee Journal*. 129. pp.411-423.
- Rucker, R. R., Thurman, W. N., & Burgett, M. (2012). Honey bee pollination markets and the internalization of reciprocal benefits. *American Journal of Agricultural Economics*. 94(4). pp.956-977.
- Sandhu, H.S., S.D. Wratten, R. Cullen. & B. Case. (2008). "The future of farming: The value of ecosystem services in conventional and organic arable land. An experimental approach." *Ecological Economics*. 64(4). pp.835-848.
- Sanjerehei, M.M. (2014). The Economic Value of Bees as Pollinators of Crops in Iran. *Annual Research & Review in Biology*. pp. 2957-2964.
- Shipp, J.L., G.H. Whitfield. & A.P. Papadopoulos. (1994). "Effectiveness of the Bumblebee, *Bombus impatiens* Cr. (Hymenoptera: Apidae), as a Pollinator of Greenhouse Sweet Pepper." *Scientia Horticulturae*. 57(1-2). pp.29-39.
- Southwick, E.E. & L. Southwick. (1992). "Estimating the Economic Value of Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) and Agricultural Pollinators in the United States." *Journal of Economic Entomology*. 85(3). pp.621-633.
- Stanley, D.A., D. Gunning. & C.S. Jane. (2013). "Stout Pollinators and pollination

- of oilseed rape crops (*Brassica napus* L.) in Ireland: ecological and economic incentives for pollinator conservation.” *J. Insect. Conserv.* 17. pp.1181-1189.
- The White House. (2014). Presidential Memorandum – Creating a Federal Strategy to Promote the Health of Honey Bees and Other Pollinators.
- Turpie, J.K., B.J. Heydenrych. & S.J. Lamberth. (2003). “Economic value of terrestrial and marine biodiversity in the Cape Floristic Region: implications for defining effective and socially optimal conservation strategies.” *Biological Conservation*. 112(1-2). pp.233-251.
- U.K. Department for Environment, Food and Rural Affairs. (2014). The National Pollinator Strategy: for bees and other pollinators in England.
- _____. (2016). National pollinator strategy: Progress report 2016.
- _____. (2018). National Pollinator Strategy: Implementation Plan, 2018-2021.
- U.S. Department of Agriculture. (2021). USDA Annual Strategic Pollinator Priorities and Goals Report.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2017). Policy to Mitigate the Acute Risk to Bees from Pesticide Products.
- Vanbergen, A.J. (2018). IPBES pollinators, pollination and food production. In “ALTER-Net Summer School on Biodiversity and ecosystem services: science and its impact on policy and society.”
- Vanbergen, A., M.S. Heard, T. Breeze, S.G. Potts. & N. Hanley. (2014). Status and Value of Pollinators and Pollination Services. A report to the Department of Environment Fisheries and Rural Affairs (DEFRA).
- Watson, R., Albon, S., Aspinall, R., Austen, M., Bardgett, B., Bateman, I., ... & Winter, M. (2011). UK National Ecosystem Assessment: Technical Report. United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre.
- Whittington, R., M.L. Winston, C. Tucker. & A.L. Parachnowitsch. (2004). “Plant-species identity of pollen collected by bumblebees placed in greenhouses for tomato pollination.” *Canadian Journal of Plant Science*. 84: pp.599-602.
- Winfree, R., B.J. Gross. & C. Kremen. (2011). “Valuing pollination services to agriculture.” *Ecological Economics*. 71. pp.80-88.
- Zych, M. & A. Jakubiec. (2006). “How Much is a Bee Worth? Economic Aspects

of Pollination of Selected Crops in Poland.” Acta Agrobotanica. 59(1). pp.298-299.

〈참고 인터넷 사이트〉

Difference.Guru(<https://difference.guru/difference-between-honeybees-and-bumblebees/>). 검색일: 2022. 11. 5.

Plant Health Australia(<https://www.planthealthaustralia.com.au/national-programs/national-bee-biosecurity-program/>). 검색일: 2022. 11. 4.

일본 농림수산업성 2022년도 지속적생산강화대책사업 중 양봉진흥강화추진 공모 강령(https://www.maff.go.jp/j/supply/hozyo/chikusan/attach/pdf/220207_220-2-4.pdf/). 검색일: 2022. 2. 7.

일본 농림수산업성 2023년 예산 중 양봉진흥강화추진사업(https://www.maff.go.jp/j/budget/pdf/r5yokyu_pr21.pdf/). 검색일: 2022. 11. 12.

일본 농림수산업성 화분매개곤충 소개(<https://www.maff.go.jp/j/chikusan/gijutu/mitubati/attach/pdf/index-2.pdf/>). 검색일: 2022. 11. 12.

일본 농림수산물식품성. 시설원에 화분교배를 둘러싼 현황(<https://www.maff.go.jp/j/chikusan/gijutu/mitubati/attach/pdf/index-4.pdf/>). 검색일: 2022. 2. 12.

호주 농수산물부(<https://www.agriculture.gov.au/agriculture-land/farm-food-drought/hort-policy/honeybees#honey-levy/>). 검색일: 2022. 11. 4.