

# 서양뒤영벌 수입과 화분매개 대체안의 증분이익 추정 연구<sup>1a</sup>

양동재<sup>2</sup> · 김소희<sup>3</sup> · 지정연<sup>4</sup> · 이흥식<sup>5</sup> · 김효중<sup>6\*</sup>

## Estimation Study of Incremental Profit of the Imported Buff-tailed Bumblebee, *Bombus terrestris*, and Pollination Alternatives<sup>1a</sup>

Dongjae Yang<sup>2</sup>, Sohee Kim<sup>3</sup>, Jeong-Yeon Ji<sup>4</sup>, Heungsik Lee<sup>5</sup>, Hyojoong Kim<sup>6\*</sup>

### 요약

수입되는 서양뒤영벌과 그에 대한 화분매개 대체안들을 비교 평가하기 위해 증분이익을 추정하여 분석하였다. 분석결과, 판매수익에서 공통 생산원가를 차감한 증분수익은 인공수분을 사용할 때보다 화분매개곤충을 사용할 때 더 많았으며, 증분원가는 수입산 서양뒤영벌이나 꿀벌을 사용할 때보다 국내산 서양뒤영벌이나 인공수분을 사용할 때 더 적었다. 각 대안별 증분이익을 살펴보면, 수입산 서양뒤영벌 46,801 백만원, 국내산 서양뒤영벌 47,170 백만원, 꿀벌 46,975 백만원, 인공수분 29,839 백만원이었다. 증분이익은 각 대안을 선택했을 경우 얻을 수 있는 회계적 이윤을 의미한다. 다만, 회계적 이윤 전부를 화분매개 대안이 기여한 것으로 볼 수 없으며, 귀속지대나 정상이윤과 같은 잠재적 비용이 포함되어 있다. 잠재적 비용에 해당하는 기회원가를 고려할 때, 수입산 서양뒤영벌을 사용하는 대안은 경제적 손실이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 과수·작물 생산능가가 수입산 서양뒤영벌을 사용하는 대신 다른 대체안을 선택할 경우 추가적인 경제적 이윤을 창출할 수 있음을 의미한다.

주요어 : 서양뒤영벌, 증분이익, 경제적 이윤, 화분매개자

### ABSTRACT

This study estimated and analyzed the incremental profits to compare the imported buff-tailed bumblebees, *Bombus terrestris*, and their pollination alternatives. A result of the analysis showed that the incremental profit, which is defined as the sales revenue minus the common production cost, was higher when using pollinator insects than when using the artificial pollination and that the incremental costs were lower when using domestic bumblebees or artificial pollination than when using imported bumblebees or honeybees. The incremental profits of each alternative were 46,801 million won for imported bumblebees, 47,170 million won for domestic bumblebees, 46,975 million won for honeybees, and 29,839 million won for artificial pollination. The incremental profit means the accounting profit that can be realized from each alternative. However, not all of

1 접수 2019년 5월 28일, 수정 (1차: 2019년 5월 28일), 게재확정 2019년 6월 25일  
Received 28 May 2019; Revised (1st: 28 May 2019); Accepted 25 June 2019

2 군산대학교 회계학과 교수 Dept. of Accounting, Kunsan National University, Gunsan, Jeonbuk, 54150, Korea

3 군산대학교 생물학과 박사과정 Dept. of Biology, Kunsan National University, Gunsan, Jeonbuk, 54150, Korea

4 농림축산검역본부 검역관 Animal & Plant Quarantine Agency, Gimcheon, Gyeongbuk, 39660, Korea

5 농림축산검역본부 연구관 Animal & Plant Quarantine Agency, Gimcheon, Gyeongbuk, 39660, Korea

6 군산대학교 생물학과 교수 Dept. of Biology, Kunsan National University, Gunsan, Jeonbuk, 54150, Korea

a 본 연구는 전북녹색환경지원센터(2016년 환경현안 조사연구)의 지원으로 수행되었음. 또한, 농림축산검역본부 식물검역기술개발 사업(관리 번호: 22153031800)의 지원으로 수행되었음.

\* 교신저자 Corresponding author: hkim@kunsan.ac.kr

the accounting profits can be attributed to pollen-mediated alternatives since they include potential costs such as imputed rent or normal profits. Considering the opportunity costs, which are the potential costs, it appears that the alternative of using imported bumblebees can lead to an economic loss. It means that fruit and vegetable farmers can expect additional economic profits if they choose other alternatives instead of using imported bumblebees.

**KEY WORDS: BOMBUS TERRESTRIS, BUFF-TAILED BUMBLEBEE, INCREMENTAL PROFIT, ECONOMIC PROFIT, POLLINATOR**

## 서론

서양뒤영벌(*Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758))은 구북구에 속한 우랄산맥 서쪽, 지중해 연안에 널리 분포되어 있는 종으로서(Dafni and Shmida, 1996), 이스라엘, 호주, 캐나다, 미국, 칠레, 일본 등 국가에 전파, 정착되었다(Dafni and Shmida, 1996; Cankaya and Kaftanoglu et al., 2006; Schmid-Hempel et al., 2014; Matsumura et al., 2004). 이 종은 유럽에서 특히 중요시 되는 화분매개종으로서 Koppert (네덜란드), Biobest (벨기에), Bunting Brinkman Bee (네덜란드), Yad-Mordechai (이스라엘) 등 30개 이상의 회사에서 판매가 이루어지고 있다. 2004년 이후 매년 100만 봉군 이상 생산되며, 특히 토마토에 가장 널리 이용되고 있다(Velthuis et al., 2006).

1994년 국내 수입이 허가된 이래 현재까지 지속적으로 수입되고 있으며, 2007년부터는 국내소비량의 60% 이상을 국내에서 생산, 공급하고 있다(Yoon, H.J. personal communication). 국내생산량이 늘어남에 따라서 공급업체 또한 여러 지역에 분포한다. 현재 국내에서는 약 10개 채소작물(딸기, 참외, 수박, 토마토, 멜론, 고추, 파프리카, 가지, 호박, 오이) 등과 9개 과수작물(블루베리, 배, 사과, 단감, 복분자, 오디, 자두, 복숭아, 석류) 등에 서양뒤영벌을 이용하고 있다(Yoon et al., 2013). 화분매개곤충을 사용할 경우 수정이 잘되고 수량과 상품성이 높아지며 노동력이 절감될 수 있는데, 이로 인해 농가소득이 기존 대비 5~21% 증가하였다는 보고가 있다(Park et al., 2013). 또한 화분매개곤충이 국내 과수생산에 미치는 파급효과가 전체 7,559억 원으로 추정되며(Seo et al., 2011), 국내 화분매개곤충의 시장규모는 2009년 기준 540억으로 추정된다(Park et al., 2013)는 보고가 있다.

국외의 경우 수입된 서양뒤영벌이 야외로 탈출한 후 정착하여 생태계 교란, 토착종에 대한 경쟁관계, 기생성 응애 감염, 병원체 전염 문제 등 부정적인 영향을 미친다는 보고가 있다. 일본에서는 1991년에 처음으로 화분매개종으로 서양뒤영벌을 수입했으나(Ono, 1998), 탈출한 서양뒤영벌들에 의해 생존 경쟁에서 밀린 토착벌들의 개체가 감소하였다(Kawahara, 2004; Inoue et al., 2008)는 보고가 있다. 이러한 사례는 이스라엘,

호주에서도 보고된 바 있다(Dafni et al., 1996; Ono, 1997). 일본의 경우 토착종이 먹이 경쟁에서 밀려 개체 수가 감소하였는데, 이는 서양뒤영벌이 토착종보다 동면기간이 짧아 군집(colony)을 먼저 형성하고, 토착종보다 화분매개식물의 범위가 넓었기 때문이라고 밝혀졌다(Matsumura et al., 2004). 이러한 부작용을 해결하기 위해 대부분의 나라에서 수입 서양뒤영벌을 대체할 대안을 모색하고 있는 상황이다. 예컨대, 미국과 캐나다는 수입 서양뒤영벌을 대체하는 토착종 뒤영벌을 상업화하여 사용하고 있다(Asada and Ono, 2000).

국내에서도 서양뒤영벌의 토착화 문제에 대비하기 위해 서양뒤영벌의 확산 및 피해사례를 조사하는 한편, 생태계 및 관련 산업에 미치는 영향을 평가할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 서양뒤영벌 수입안의 화분매개 가치(증분이익)와 수입 대체안의 화분매개 가치(증분이익)를 비교·분석해봄으로써 서양뒤영벌 수입안의 경제적 가치를 평가해보고자 하였다. 즉, 수입 서양뒤영벌을 이용한 과수·작물의 생산으로부터 얻는 경제적 이윤과 대체안을 이용한 과수·작물의 생산으로부터 얻는 경제적 이윤을 측정하여 비교하고자 한다. 이를 위해 화분매개체의 '공익적' 가치를 광범위하게 측정할 기존 연구와 달리, 수입안과 대체안의 비교가 가능하도록 각 대안들의 증분이익을 추정하고, 기회원가를 고려한다.

## 연구방법

서양뒤영벌 수입안과 대체안의 화분 매개 가치를 측정하기 위해 증분이익을 추정한다. 구체적인 추정방법은 다음과 같다.

### 1. 연구범위 및 수행방법

검역통계 상 「서양뒤영벌 연도별 수입현황」을 살펴보면, 2008년을 기점으로 수입량이 감소하기 시작하여 2011년부터 2만 봉군 이하의 수입량을 보이고 있다(Table 1). 본 연구는 연구수행 연도인 2015년의 서양뒤영벌 수입량(16,632봉군)을 대상으로 화분매개 가치(증분이익)를 측정한다. 서양뒤영벌 수

Table 1. Yearly import status of bumblebees during 2006~2015 from Animal and Plant Quarantine Agency

Yearly import status of commercial bumblebees										
Year	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Period	2005.11- 2006.11	2006.11- 2007.11	2007.11- 2008.11	2008.11- 2009.11	2009.11- 2010.11	2010.11- 2011.11	2011.11- 2012.11	2012.11- 2013.11	2013.11- 2014.11	2014.11- 2015.11
No. colony	10,901	19,842	33,680	24,571	22,554	16,984	17,717	12,178	16,280	16,632

입에 따른 경제적 효과는 다양한 이해관계자(수입업자, 과수·작물 생산업자, 양봉업자, 관련 산업, 일반대중 등)의 입장에서 측정할 수 있으나, 본 연구의 목적상 과수·작물 생산에 미치는 효과를 중심으로 살펴보고자 한다. 원칙적으로 화폐단위로 측정할 수 없는 비경제적 가치는 제외하였으며(예, 인공수분 시 인력확보의 어려움, 심미적 가치), 각종 생물학적, 기술적 가능성(예, 수입산 서양뒤영벌과 국내산 서양뒤영벌의 기술적 대체 가능성)은 고려하지 않았다. 한편, 서양뒤영벌 수입이 과수·작물에 미치는 직접적 생산유발효과 외에 외부불경제 효과(기생애와 병원체에 의한 전염, 국내종과의 교잡·경쟁으로 인한 국내종 도태, 생물다양성 파괴 등 생태계 교란)를 배제할 수 없다. 본 연구는 애초 이러한 외부불경제 효과를 고려하기 위해 피해액을 측정하고자 하였다. 다만, 피해액을 고려하지 않더라도 수입안이 다른 대체안보다 경제적으로 유리하지 않은 것으로 나타나 이를 생략하였다. 추후 불확실한 상황이 발생한다면 이와 같은 추가분석이 활용될 여지가 있다. 참고로 피해액(양봉산업)은 [서양뒤영벌 국내정착 확률 × 감염 또는 전염 확률 × 손해금액](단, 국내정착확률 : 도입국가 대비 도입국가 정착비율(외국 사례), 전염확률 : 도입국가 대비 도입국가 전염 보고비율(외국 사례), 손해금액 : 국내 양봉산업(꿀벌)의 가치 × 피해율)으로 계산될 수 있다.

서양뒤영벌 수입안과 대체안의 증분이익은 서양뒤영벌이 사용되는 과수·작물에 대하여 측정한다. 과수의 경우 노지과수와 시설과수 중 노지과수를, 과채류의 경우 노지과채류와 시설과채류 중 시설과채류를 분석대상으로 하였다. 이는 노지과수와 시설과채류에서 주로 화분매개곤충(서양뒤영벌)이 이용되기 때문이다.

주요 조사범위에 해당하는 데이터는 시간 및 예산상 제약으로 선행연구 및 유관기관의 자료(정부통계)를 활용하였다. 다만, 2015년을 기준으로 증분이익을 측정하기 때문에 통계지표나 선행연구의 주요수치들은 2015년 자료를 이용하거나 물가상승률을 반영하여 2015년 기준으로 조정한다(Table 2). 경제상황, 재배면적, 기술발달 등의 변화가 존재할 수 있지만, 큰 차이가 없다면 선행연구들의 추정치를 이용하는 것이 연구들 간 비교에 용이할 것이다. 오류가능성을 최소화하기 위해 최근 데이터를 기반으로 가장 광범위한(신뢰성이 높은) 통계 자료를 선택하여 사용하였다(정부통계>시군센터>농가조사). 화분매개곤충을 이용하는 작물 중 2015년 국가통계조사에 포함되는 항목(과수 및 과채류)들로 한정하기 때문에 일부 제외되는 작물이 있을 수 있으나, 주요 결과에는 영향을 미치지 않을 것으로 판단한다.

서양뒤영벌 수입의 정확한 가치를 파악하고 합리적인 정책 의사결정을 수행하기 위해서는 보다 정밀한 분석이 요구된다. 이에 본 연구 여러 정책대안을 설정하고, 수익측면과 원가측면을 동시에 고려하여 비교 평가하는 관련원가 분석기법을 활용한다. 관련원가분석은 특정 대안 선택에 따른 추가적인 ‘원가변화의 크기’와 추가적인 ‘수익변화의 크기’를 비교하여, 그 대안의 선택이 손익에 미치는 영향을 분석하는 방법이다.

## 2. 선행연구 고찰

선행연구들은 학술 목적상 화분매개곤충의 공익적 가치를 광범위하게 측정하였다. 다만, 본 연구처럼 화분매개 대안들의 가치를 비교해야할 경우에는 기존 방법론이 부적합할 수 있다. 기존 방법론을 적용할 때 발생하는 문제점은 다음과 같다.

Table 2. Rural price index change rate, 2012~2015 from Korea National Statistical Office

Item	Rural price index change rate			
	2012	2013	2014	2015
Farm sale price index	9.2%	-3.6%	-1.7%	2.3%
Farm purchase price index	2.5%	1.0%	1.2%	0.6%

Robinson 등의 방법(Robinson et al., 1989; Jung, 2008)

$$\text{꿀벌의 화분매개가치(Vhb)} = V \times D \times P$$

V : 해당 작물의 연 생산액

D : 곤충의 화분매개 의존율  $[(Y_o - Y_c)/Y_o]$

Y<sub>o</sub>: 야외 또는 화분매개충을 방사한 후 생산량

Y<sub>c</sub>: 화분매개충이 없는 경우 생산량

P : 화분매개 곤충 중 꿀벌의 비중

위에 제시된 방법은 화분매개곤충에 의한 부가가치가 아닌 작물 생산액 전체의 가치를 측정하고 있다. 즉, 작물생산을 위해 투하된 다른 생산요소(재료비, 인건비, 간접비)의 기여분을 포함하고 있다. 또한 화분매개 의존율 산정 방식에 의하면, 화분매개곤충이 존재하는 경우의 생산량과 화분매개곤충이 없는 경우의 생산량을 비교하여 그 차이 모두를 가치 측정에 포함하고 있다. 이는 비교대상이 될 수 있는 여러 대안(인공수분)을 고려할 때 과대평가로 볼 여지가 있다.

Replacement method and contingent valuation method

(Seo et al., 2011)

화분매개곤충 활용 시 인공수분 비용 절감에 따른 비용 감소 효과

화분매개곤충 차단에 따른 수량 차이에서 나타나는 산출 증대 효과

화분매개곤충으로 인한 비용절감효과만 고려할 뿐 화분매개곤충으로 인한 비용증가효과는 고려하지 않았다. 즉, 화분매개곤충 사용에 따른 비용을 무시하고 있다. 또한 산출증대효과를 측정하기 위해 화분매개곤충이 존재하는 경우와 존재하지 않는 경우(차단)를 비교하였다. 즉, 비교대상이 될 수 있는 다른 대안(인공수분)을 고려하지 않고 있다.

본 연구는 화분매개 대안들을 평가함으로써 정책의사결정에 도움을 주고자 하는데 있다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위해 (1) 화분매개곤충이 창출하는 부가가치만을 검증하고, (2) 수익 측면과 비용 측면을 동시에 고려한 증분이익을 도출한 후, (3) 대안들 간의 증분이익을 비교할 필요가 있다.

### 3. 서양뒤영벌 수입안과 대체안의 증분이익 추정

2015년 서양뒤영벌 수입량(16,632봉군)을 기준으로 수입안(imported plan)과 대체안(alternative plan)의 화분매개 가치(증분이익)가 추정된다. 우선 화분매개를 위해 서양뒤영벌이 사용되는 과수·작물을 식별하고, 서양뒤영벌 수입량을 각 과수·작물에 할당한다. 다음으로 서양뒤영벌 할당량으로 재배할 수 있는 면적을 각 과수·작물별로 산정한다. 마지막으로 서양뒤영벌 할당량에 해당하는 과수·작물별 재배면적에 대해

수입안과 대체안의 증분이익을 추정한다. 대체안은 서양뒤영벌 국내산 활용(대체안 1), 꿀벌활용(대체안 2), 인공수분(대체안 3)이다. 뿔가위벌은 일부 과수(사과)에서만 서양뒤영벌을 대체한다. 따라서 대체안에서 제외하였다.

증분이익은 ‘증분수익-증분원가’로 산출한다. 다만, 본 연구에서는 증분수익을 판매수익에서 공통 생산원가를 차감한 금액으로, 증분원가를 생산원가 중 비공통 생산원가(서양뒤영벌 구입가격, 꿀벌 구매/임대 가격, 인공수분원가)로 정의한다. 공통 생산원가는 대안 선택에 따른 차이가 없는 비관련(공통) 원가이다. 그럼에도 불구하고 각 대안이 기여하는 가치만을 정확히 측정할 필요가 있기 때문에 증분이익 계산에서 차감한다. 한편, ‘각 대안의 증분이익’에서 ‘다른 대안들 중 가장 큰 증분이익(기회비용)’을 차감하여 측정된 경제적 이윤(economic profit)이야말로 해당 대안을 선택함으로써 얻을 수 있는 진정한 경제적 가치라고 볼 수 있다.

## 결과 및 고찰

### 1. 과수·작물별 화분매개곤충 사용면적과 소요봉군수 추정

서양뒤영벌 수입량(2015년, 16,632봉군)을 사용하여 재배할 수 있는 면적을 과수·작물별로 산정하기 위해서는 우선 2015년 기준 과수·작물별 화분매개곤충(꿀벌, 뒤영벌, 뿔가위벌) 사용면적과 소요봉군수를 추정하여야 한다. 이는 다음과 같다.

먼저, 선행연구(Yoon et al., 2013)를 통해 2011년 기준 재배면적 대비 화분매개곤충(꿀벌, 뒤영벌, 뿔가위벌) 사용면적(비율) 및 사용봉군수를 파악하고, 이를 활용하여 2011년 기준 화분매개곤충 1봉군당 사용면적 및 단위면적당 사용봉군수를 과수·작물별로 산출하였다(Tables 3, 4, 5). Yoon et al. (2013)은 농작물생산통계 상의 재배면적에 대해, 158개 농업기술센터의 채소 및 과수 담당자를 대상으로 화분매개곤충 이용작목, 화분매개곤충별 사용면적, 농기수 및 사용량 등을 조사하였다. 본 연구에서는 꿀벌, 서양뒤영벌, 뿔가위벌을 혼합사용하는 면적(봉군)의 경우, 단독사용 면적(봉군)비율에 따라 꿀벌, 서양뒤영벌, 뿔가위벌 면적(봉군수)에 배분하여 사용하였다. 또한 과채류 중 멜론, 고추, 파프리카, 가지 등을 기타 항목으로 묶었으며, 과수 중 블루베리를 기타 항목으로 처리하였다. 다만, 과수 중 자두, 복분자, 오디, 석류 등은 서양뒤영벌을 사용하는 면적이 없거나 극히 드물어 분석에서 제외하였다.

이제 2015년 재배면적과 2011년 자료(Tables 3, 4, 5)를 활용하여 2015년 기준 화분매개곤충(꿀벌, 뒤영벌, 뿔가위벌) 사용면적(2015년 재배면적 × 2011년 기준 화분매개곤충 사용면적비율)과 2015년 기준 화분매개곤충 소요봉군수(2015년

Table 3. Cultural area, area and rate of insect pollinators use in fruit and vegetable crops in 2011 (Yoon et al., 2013).

Item	Cultural area (ha)	Areas (ha), rate (%) of insect pollinator use							
		total	rate	honeybees	rate	bumblebees	rate	mason bees	rate
<b>Total vegetable crops</b>	43,664	21,138	48.41%	18,021	41.27%	3,117	7.14%	0	0.00%
watermelon	12,995	5,946	45.75%	5,840	44.94%	105	0.81%	0	0.00%
oriental melon	5,719	4,647	81.25%	4,500	78.69%	146	2.56%	0	0.00%
cucumber	3,478	1	0.02%	1	0.02%	0	0.00%	0	0.00%
pumpkin	2,990	160	5.34%	16	0.54%	144	4.80%	0	0.00%
tomato	5,850	2,364	40.40%	19	0.32%	2,345	40.08%	0	0.00%
strawberry	5,681	5,677	99.93%	5,655	99.54%	22	0.40%	0	0.00%
etc	6,951	2,345	33.73%	1,990	28.63%	355	5.11%	0	0.00%
<b>Total fruit tree crops</b>	75,424	11,674	15.48%	7,959	10.55%	1,602	2.12%	2,113	2.80%
apple	31,167	5,558	17.83%	1,941	6.23%	1,511	4.85%	2,105	6.76%
pear	15,081	3,467	22.99%	3,467	22.99%	0	0.00%	0	0.00%
peach	13,795	266	1.93%	261	1.89%	2	0.02%	3	0.02%
persimmons	14,299	2,131	14.90%	2,071	14.48%	55	0.39%	5	0.04%
etc	1,082	251	23.22%	218	20.15%	33	3.06%	0	0.00%

Table 4. The number and rate of colony of insect pollinators used in fruit and vegetable crops in 2011 (Yoon et al., 2013).

Item	Number and rate (%) of colony of insect pollinator used							
	total	rate	honeybees	rate	bumblebees	rate	mason bees	rate
<b>Total vegetable crops</b>	306,856	100.00%	252,225	100.00%	54,631	100.00%	0	
watermelon	57,023	18.58%	54,802	21.73%	2,221	4.07%	0	
oriental melon	75,537	24.62%	73,964	29.32%	1,573	2.88%	0	
cucumber	15	0.00%	15	0.01%	0	0.00%	0	
pumpkin	331	0.11%	222	0.09%	109	0.20%	0	
tomato	41,715	13.59%	229	0.09%	41,486	75.94%	0	
strawberry	97,646	31.82%	97,071	38.49%	575	1.05%	0	
Etc	34,589	11.27%	25,923	10.28%	8,666	15.86%	0	
<b>Total fruit tree crops</b>	38,228	100.00%	19,701	100.00%	8,110	100.00%	10,418	100.00%
apple	24,137	63.14%	6,275	31.85%	7,462	92.01%	10,400	99.83%
pear	5,588	14.62%	5,588	28.36%	0	0.00%	0	0.00%
peach	2,264	5.92%	2,223	11.28%	34	0.42%	7	0.07%
persimmons	4,572	11.96%	4,450	22.59%	111	1.37%	11	0.11%
Etc	1,667	4.36%	1,164	5.91%	503	6.20%	0	0.00%

화분매개곤충 사용면적 ÷ 2011년 기준 1봉군당 사용면적)를 과수·작물별로 추정한다(Table 6). 2015년 기준 재배면적은 2015 농업면적통계 및 2015 농작물생산통계 상의 면적이다. 다만, 2011년 과수·작물과 일치하지 않은 경우가 존재한다.

주요 과수·작물의 경우 매년 조사대상이 되기도 하지만, 일부 과수·작물의 경우 조사대상에서 제외되거나, 새로 포함되기도 한다. 또한 재배면적은 조사되지만, 가격은 조사되지 않는 경우도 있다. 예컨대, 2015년 통계의 경우 과채류에서는 기타

Table 5. Area per colony and number of colony used per unit area in fruit and vegetable crops in 2011

Item	Area per colony(ha)			Used colony per 1ha			Used colony per 10a		
	honeybees	bumblebees	mason bees	honeybees	bumblebees	mason bees	honeybees	bumblebees	mason bees
<b>Total vegetable crops</b>	-								
watermelon	0.107	0.047		9.38	21.15		0.94	2.11	
oriental melon	0.061	0.093		16.44	10.76		1.64	1.08	
cucumber	0.053			18.75			1.88		
pumpkin	0.073	1.317		13.69	0.76		1.37	0.08	
tomato	0.083	0.057		12.07	17.69		1.21	1.77	
strawberry	0.058	0.039		17.17	25.57		1.72	2.56	
Etc	0.077	0.041		13.03	24.41		1.30	2.44	
<b>Total fruit tree crops</b>	-								
apple	0.309	0.202	0.202	3.23	4.94	4.94	0.32	0.49	0.49
pear	0.620			1.61			0.16		
peach	0.118	0.065	0.371	8.50	15.45	2.69	0.85	1.55	0.27
persimmons	0.465	0.497	0.482	2.15	2.01	2.08	0.21	0.20	0.21
Etc	0.187	0.066		5.34	15.16		0.53	1.52	

(멜론, 고추, 파프리카, 가지) 항목이 제외되어 있으며, 과수에 서는 블루베리가 제외된 반면, 포도, 감귤, 매실, 유자 등이 포함되어 있다. 2015년 정부통계에서는 제외되었으나, 과채류 기타항목과 과수의 기타항목이 중요하다고 판단하였다. 따라서 기타 항목들의 경우, 기존 재배면적을 유지한다는 전제하에 2011년 재배면적을 재활용하여 산출하였다.

## 2. 수입 서양뒤영벌의 과수·작물별 할당 및 사용면적 추정

Table 6에서 서양뒤영벌의 소요봉군수는 국내산과 수입산을 포함한다. 각 과수·작물에 서양뒤영벌 수입산과 국내산이 비례적으로 사용된다고 가정하였다. 즉, 과수·작물별 서양뒤영벌 소요봉군수(국내산 + 수입산)의 비율에 따라 서양뒤영벌 수입량을 각 과수·작물에 할당하였다. 마지막으로 이렇게 산정된 과수·작물별 할당량에 서양뒤영벌 1봉군당 사용면적(Table 5)을 곱하여 수입 서양뒤영벌을 사용하여 재배할 수 있는 면적을 산출하였다(Table 7). 이렇게 구해진 수입 서양뒤영벌 사용 재배면적(과채류합계 약 841ha, 과수합계 약 380ha)이 최종적인 분석 대상이다. 이후부터는 상기 면적에 대해 서양뒤영벌을 사용하는 경우와 다른 대체안을 사용하는 경우로 나누어 증분이익(증분수익 - 증분원가)을 측정한다.

## 3. 대안별 증분이익 추정

증분이익은 증분수익에서 증분원가를 차감하여 산출한다. 증분수익은 판매수익에서 공통 생산원가를 차감한 금액이며, 증분원가는 비공통 생산원가(서양뒤영벌 구입가격, 꿀벌 구매/임대 가격, 인공수분원가)이다. 공통 생산원가는 경영비와 자가노동비를 포함한다. 일반적으로 경영비에는 자가노동비가 포함되지 않으나 농업생산에서 자가노동 비율이 상당한 바, 이를 포함하여 분석하였다. 이하 2015년 과수·작물별 판매가격과 경영비 등 생산단가를 확인하기 위해 농산물소득조사 통계자료를 활용하였다(Table 8).

각 대안별 생산량의 차이는 화분매개곤충과 인공수분 간에 서만 존재한다고 가정하였다. 즉, 서양뒤영벌(수입산, 국내산)과 꿀벌의 경우, 적정 봉군수를 투입할 경우 생산량에 차이가 없다고 가정한다. 한편, Seo et al. (2011)에 따르면 과수의 경우 화분매개와 인공수분 간 산출량 차이가 존재하며, 이를 산출량 비율(인공수분 산출량/화분매개 산출량)로 측정한다(Table 9). 다만, 과채류의 경우 과수의 평균적인 산출량 비율을 적용한다. 대안별 판매수익은 Table 10과 같으며, 이는 과수·작물별 판매수익의 합계이다. 화분매개의 경우 과수·작물별 판매수익은 [과수·작물별 수입뒤영벌 사용 재배면적(단위 10a) × 10a당 생산량(kg) × kg당 판매가격]으로 산정된다. 반면 인공수분의 경우 과수·작물별 판매수익은 [과수·작물별 수입뒤영벌 사용 재배면적(단위 10a) × 10a당 생산량(kg)

Table 6. The area using insect pollinator and the required colony of insect pollinator for the cultural area in 2015.

Item	Cultural area (ha) in 2015 <sup>1)</sup>	Estimate of the area using insect pollinator(ha) <sup>2)</sup>				Estimate of the number of colony <sup>3)</sup>			
		Total	Honey bees	Bumble bees	Mason bees	Total	Honey bees	Bumble bees	Mason bees
<b>vegetable crops</b>	44,844	21,709	18,133	3,576	0	318,348	255,840	62,508	0
watermelon	12,572	5,752	5,650	102	0	55,167	53,018	2,149	
oriental melon	5,305	4,310	4,175	136	0	70,069	68,610	1,459	
cucumber	3,338	1	1	0	0	14	14		
pumpkin	3,396	181	18	163	0	376	252	124	
tomato	6,976	2,818	23	2,796	0	49,744	273	49,472	
strawberry	6,306	6,302	6,277	25	0	108,389	107,750	639	
etc.	6,951	2,345	1,990	355	0	34,589	25,923	8,666	
<b>fruit tree crops</b>	73,919	10,890	7,131	1,615	2,144	37,377	18,603	8,206	10,568
apple	31,620	5,639	1,970	1,533	2,136	24,488	6,366	7,571	10,551
pear	12,664	2,912	2,912	0	0	4,692	4,692		
peach	16,704	322	317	3	3	2,741	2,692	41	8
persimmons	11,849	1,766	1,716	46	4	3,789	3,688	92	9
etc.	1,082	251	218	33	0	1,667	1,164	503	

note<sup>1)</sup> The data of cultural area in 2015 are from crop productions statistics in 2015.

note<sup>2)</sup> The area using insect pollinator = cultural area in 2015 × rate(%) of insect pollinator use in 2011 (Table 3)

note<sup>3)</sup> The number of colony = cultural area in 2015 ÷ area per colony in 2011 (Table 5)

Table 7. Assignment of imported bumblebees to fruit and vegetable crops &amp; the Area in fruit and vegetable crops using assignment of imported bumblebees

No. of Imported colonies of bumblebees	Item	Estimated number of colony (domestic + imported)	Estimated rate	No. of imported colonies in fruit and vegetable crops	Area (ha) per colony (2011) <sup>1)</sup>	Area of imported bumblebees (ha)
16,632 colonies	<b>Total vegetable crops</b>	62,508	100.00%	14,702	-	<b>841</b>
	watermelon	2,149	3.44%	505	0.047	<b>24</b>
	oriental melon	1,459	2.33%	343	0.093	<b>32</b>
	cucumber	0	0.00%	0		<b>0</b>
	pumpkin	124	0.20%	29	1.317	<b>38</b>
	tomato	49,472	79.14%	11,635	0.057	<b>658</b>
	strawberry	639	1.02%	150	0.039	<b>6</b>
	etc.	8,666	13.86%	2,038	0.041	<b>83</b>
	<b>Total fruit tree crops</b>	8,206	100.00%	1,930	-	<b>380</b>
	apple	7,571	92.25%	1,781	0.202	<b>361</b>
	pear	0	0.00%	0		<b>0</b>
	peach	41	0.50%	10	0.065	<b>1</b>
	persimmons	92	1.12%	22	0.497	<b>11</b>
	etc.	503	6.12%	118	0.066	<b>8</b>

note<sup>1)</sup> The data of area per colony of bumblebees are from Table 5.

Table 8. Sale price and production cost of fruit and vegetable in 2015

Item		Sales revenue and production cost per 10a						
		Product per 10a <sup>1)</sup> (kg)	Sales revenue per 10a		Operating cost at 10a		Cost of self-labor per 10a	
			Sales price per kg	Revenue (won)	Operating Cost per kg	Cost (won)	Cost of self-labor per kg	Cost (won)
watermelon	semi-forcing	5,125	1,133	5,806,625	478	2,449,473	185	947,869
	oriental melon	4,290	2,329	9,991,410	941	4,038,791	790	3,389,145
	cucumber (average) <sup>2)</sup>	10,742	1,704	18,304,561	888	9,540,485	439	4,715,324
	forcing	16,141	2,030	32,766,230	1,094	17,664,761	494	7,965,855
	semi-forcing	10,462	1,345	14,071,390	669	6,997,633	320	3,348,929
	retarding	5,624	1,436	8,076,064	704	3,959,061	503	2,831,188
	pumpking	8,720	1,414	12,330,080	678	5,915,490	334	2,908,376
	tamato (average) <sup>2)</sup>	8,559	2,380	20,371,043	1,213	10,385,338	345	2,956,132
	forcing	11,734	2,189	25,685,726	1,087	12,759,697	339	3,976,298
	semi-forcing	7,362	2,122	15,622,164	1,027	7,563,318	325	2,391,156
	cherry tomato	6,582	3,009	19,805,238	1,646	10,832,998	380	2,500,942
	strawberry (average) <sup>2)</sup>	3,184	6,645	21,153,976	3,001	9,553,244	1,110	3,532,636
	forcing	3,429	6,440	22,082,760	3,041	10,427,396	1,258	4,312,830
	semi-forcing	2,938	6,884	20,225,192	2,954	8,679,091	937	2,752,442
	Vegetables crops etc	6,770	2,165	14,659,616	1,031	6,980,470	454	3,074,914
	apple	2,373	2,406	5,709,438	911	2,160,665	438	1,039,451
	pear	2,585	1,926	4,978,710	911	2,355,168	482	1,246,132
	peach	1,546	3,260	5,039,960	1,086	1,678,691	879	1,359,008
	persimmons	1,856	1,471	2,730,176	691	1,282,807	454	843,417
	Fruit tree crops etc	2,090	2,208	4,614,571	894	1,869,333	537	1,122,002

note<sup>1)</sup> The data of product per 10a are from agricultural income survey statistics in 2015.

note<sup>2)</sup> The sales price, operating cost and self-labor cost per kg of cucumber(average), tomato(average) and strawberry(average) are the weighted average based on product per 10a of each sub-items.

× 산출량비율(인공수분/화분매개) × kg당 판매가격]으로 산정된다.

공통 생산원가는 Table 11과 같다. 10a당 생산원가는 [10a당 생산량(kg) × (kg당 경영비 + kg당 자가노동비)]이다. 하지만 통계자료 상의 생산원가에는 후술할 증분원가가 포함되어 있다고 볼 수 있다. 증분원가는 따로 반영해주기 때문에, 증분원가가 포함되기 전의 생산원가(공통 생산원가)로 환원해줄 필요가 있다. 즉, 수정된 10a당 공통 생산원가(X)는 다음과 같다. 10a당

생산원가 = (X + 10a당 서양뒤영벌증분원가) × 서양뒤영벌사용면적비율 + (X + 10a당 꿀벌증분원가) × 꿀벌사용면적비율 + (X + 10a당 뿔가위벌증분원가) × 뿔가위벌사용면적비율 + (X + 10a당 인공수분증분원가) × (1 - 화분매개면적비율). 과수·작물별 수입뒤영벌 사용 재배면적(단위 10a)에 과수·작물별 10a당 공통 생산원가(X)를 곱하여 공통 생산원가를 추정한다.

대안별 증분원가 추정은 다음과 같다. 이는 과수·작물별 증분원가의 합계이며, 과수·작물별 증분원가는 [과수·작물



Table 9. Difference of Output between pollination and artificial pollination in fruit tree crops in 2011(Seo et al. 2011)

Item	Pollination	Artificial pollination	Artificial pollination / Pollination
Apple	2,399	1,749	72.91%
Pear	1,287	1,304	101.28%
Peach	1,841	1,838	99.82%
Etc <sup>1)</sup>	1,842	1,630	88.48%

note<sup>1)</sup> Output of Etc from pollination and artificial pollination are calculated as the average of output of apple, pear and peach.

Table 10. Sales revenue in fruit and vegetable crops (Unit: K won).

Item	Area of imported bumblebees (10a)	Estimation of sales revenue				
		Product per 10a (kg) <sup>1)</sup>	Sales price per kg (won) <sup>2)</sup>	Sales revenue per 10a (won)	Sales revenue	
					Sales revenue at pollination	Saels revenue at artificial pollination <sup>3)</sup>
<b>Total vegetable crops</b>					118,416,627,550	104,775,254,877
watermelon	239	4,332	1,133	4,908,156	1,172,838,402	1,037,729,625
oriental melon	319	2,988	2,329	6,959,052	2,219,671,224	1,963,969,276
cucumber	0	7,196	1,704	12,261,733	0	0
pumpkin	384	4,787	1,414	6,768,818	2,596,213,998	2,297,135,031
tomato	6,576	6,551	2,380	15,591,249	102,522,847,144	90,712,408,067
strawberry	59	3,057	6,645	20,313,399	1,192,832,452	1,055,420,398
etc.	835	4,819	2,165	10,433,836	8,712,224,330	7,708,592,481
<b>Total fruit tree crops</b>					16,541,928,662	12,149,438,282
apple	3,606	1,843	2,406	4,434,258	15,988,198,066	11,656,200,266
pear	0	2,061	1,926	3,969,486	0	0
peach	6	1,423	3,260	4,638,980	29,064,969	29,012,881
persimmons	108	1,468	1,471	2,159,428	232,316,334	205,553,929
etc.	78	1,699	2,208	3,750,719	292,349,294	258,671,205

note<sup>1)</sup> The data of product per 10a are from crop productions statistics in 2015.

note<sup>2)</sup> The data of sales price per kg are calculated from agricultural income survey statistics in 2015 (Table 8)

note<sup>3)</sup> Sales revenue at artificial pollination = area of imported bumblebees(10a) × sales revenue per 10a × ratio of output of artificial pollination to pollination in 2011 (Table 9)

벌 수입뒤영벌 사용 재배면적(단위 10a) × 10a당 투입원가]로 산출된다. 각 대안별로 투입원가가 다르며, 그에 따라 증분원가가 달라진다. 수입산 서양뒤영벌의 증분원가는 Table 12, 국내산 서양뒤영벌의 증분원가는 Table 13, 꿀벌의 증분원가는 Table 14, 인공수분의 증분원가는 Table 15과 Table 16에 각각 제시하였다.

#### 4. 증분이익의 비교

수입 서양뒤영벌(16,632봉군)이 할당된 분석대상 면적(과채류 약 841ha, 과수 약 380ha)을 재배할 경우, 각 대안별 증분이익을 제시하면 Table 17와 같다. 물론 증분이익을 과수·작물별로 세분하여 살펴볼 수 있으나, 여기에서는 전체 결과만을 요약하여 살펴본다. 증분수익의 경우 인공수분(30,205백만원)

Table 11. Common production cost in fruit and vegetable crops (Unit: K won).

Item	Area of imported bumblebees (10a)	Estimation of common production cost					
		Product per 10a (kg) <sup>1)</sup>	Operating Cost per kg (won) <sup>2)</sup>	Cost of self-labor per kg (won) <sup>2)</sup>	Production cost per 10a (won)	Modified(common) production cost per 10a (won) <sup>3)</sup>	Common production cost (won)
<b>Total vegetable crops</b>							77,466,541,301
watermelon	239	4,332	478	185	2,871,665	2,806,946	670,739,521
oriental melon	319	2,988	941	790	5,173,583	5,025,075	1,602,806,720
cucumber	0	7,196	888	439	9,549,583	9,516,814	0
pumpkin	384	4,787	678	334	4,844,019	4,811,990	1,845,662,666
tomato	6,576	6,551	1,213	345	10,211,072	10,143,967	66,703,338,132
strawberry	59	3,057	3,001	1,110	12,565,897	12,379,522	726,943,595
Etc	835	4,819	1,031	454	7,156,819	7,086,312	5,917,050,667
<b>Total fruit tree crops</b>							9,252,364,758
apple	3,606	1,843	911	438	2,485,383	2,459,782	8,869,011,572
pear	0	2,061	911	482	2,871,288	2,801,981	0
peach	6	1,423	1,086	879	2,796,019	2,784,250	17,444,382
persimmons	108	1,468	691	454	1,681,733	1,668,973	179,552,068
Etc	78	1,699	894	537	2,431,354	2,390,879	186,356,736

note<sup>1)</sup> The data of product per 10a are from crop productions statistics in 2015.

note<sup>2)</sup> The data of cost per kg are calculated from agricultural income survey statistics in 2015 (Table 8)

note<sup>3)</sup> The data of common production cost per 10a (X) are calculated using the following equation and Table 3.

$$X = \text{Production cost per 10a} - \text{purchase cost of bumblebees per 10a} \times \text{rate(\%)} \text{ of bumblebees use} \\ - \text{purchase cost of honeybees per 10a} \times \text{rate(\%)} \text{ of honeybees use} \\ - \text{purchase cost of mason bees per 10a} \times \text{rate(\%)} \text{ of mason bees use} \\ - \text{artificial pollination cost per 10a} \times (1 - \text{rate(\%)} \text{ of insect pollination use})$$

에 비해 화분매개곤충 사용(48,239 백만원)이 더 큰 것으로 나타났으며, 증분원가의 경우 수입산 서양뒤영벌(1,438 백만원), 꿀벌(1,264 백만원), 국내산 서양뒤영벌(1,069 백만원), 인공수분(366 백만원) 순으로 차이를 보였다.

우선 수입산 서양뒤영벌을 사용하는 경우 증분이익을 살펴보자. 증분수익 48,239 백만원(판매수익 134,958 백만원 - 공통 생산원가 86,718 백만원)에서 증분원가 1,438 백만원을 차감한 증분이익이 46,801 백만원으로 추정되었다. 다음으로 각 대체안의 증분이익을 살펴보면, 국내산 서양뒤영벌 47,170 백만원, 꿀벌 46,975 백만원, 인공수분 29,839 백만원으로 추정되었다.

한편, 위와 같이 측정된 회계적 이윤(증분이익)에는 귀속임금, 귀속이자, 귀속지대, 정상이윤과 같은 잠재적 비용을 고려하지 않고 있다. 즉, 회계적 이윤 전부가 화분매개대안으로부터 기인했다고 볼 수 없다. 따라서 특정 대안 선택에 따른 순수한

경제적 이윤(economic profit)을 산정하기 위해서는 잠재적 비용에 해당하는 기회원가(opportunity cost)를 차감할 필요가 있다. 각 대안의 기회원가는 다른 대안들(해당 대안 제외)의 증분이익 중 가장 큰 증분이익으로 측정한다. 분석결과(Table 17), 수입산 서양뒤영벌을 사용하는 경우 369 백만원의 경제적 손실이 발생하는 반면, 국내산 서양뒤영벌을 사용하는 경우 가장 큰 195 백만원의 경제적 이익이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 과수·작물 생산농가가 수입산 서양뒤영벌을 사용하는 대신 다른 대체안(즉, 국내산 서양뒤영벌)을 선택할 경우 추가적인 경제적 이윤을 창출할 수 있음을 의미한다.

본 연구는 농업환경, 매개충과 작물의 특이적 관계, 생산성 향상정도 등의 변수를 고려하지 않은 어디까지나 단순 가정하의 예측모형을 제시한 것에 불과하다. 향후 생태학적 변수를 추가하여 화분매개에 대한 경제적 효과를 산출할 수 있다면 좀 더 과학적인 접근이 가능할 것으로 전망한다.

Table 12. Incremental cost of imported bumblebees in fruit and vegetable crops (Unit: K won).

Item	Area of imported bumblebees (10a)	Imported bumblebees			
		colony per 10a <sup>1)</sup> (2011)	Cost per colony <sup>2)</sup>	Purchase cost per 10a	Incremental cost
<b>Total vegetable crops</b>					1,271,684,792
watermelon	239	2.11		182,936	43,713,810
oriental melon	319	1.08		93,077	29,687,986
cucumber	0	0.00		0	0
pumpkin	384	0.08	₩86,500	6,567	2,518,634
tomato	6,576	1.77		153,059	1,006,465,087
strawberry	59	2.56		221,219	12,990,301
Etc	835	2.44		211,149	176,308,974
<b>Total fruit tree crops</b>					166,952,068
apple	3,606	0.49		42,716	154,018,641
pear	0	0.00		0	0
peach	6	1.55	₩86,500	133,682	837,567
persimmons	108	0.20		17,394	1,871,290
Etc	78	1.52		131,177	10,224,570

note<sup>1)</sup> The data of the number of colony of bumblebees used per 10a are from Table 5.

note<sup>2)</sup> The average cost per colony is calculated using the following purchase price of bumblebees from two importers surveyed.

Item	Company	Cost (won)
Imported colony of bumblebees	A	85,000
	B	86,000

Table 13. Incremental cost of domestic bumblebees in fruit and vegetable crops (Unit: K won)

Item	Area of imported bumblebees (10a)	Domestic bumblebees			
		colony per 10a <sup>1)</sup> (2011)	Cost per colony <sup>2)</sup>	Purchase cost per 10a	Incremental cost
<b>Total vegetable crops</b>					945,310,198
watermelon	239	2.11		135,986	32,494,774
oriental melon	319	1.08		69,189	22,068,642
cucumber	0	0.00		0	0
pumpkin	384	0.08	₩64,300	4,881	1,872,233
tomato	6,576	1.77		113,777	748,158,440
strawberry	59	2.56		164,444	9,656,374
Etc	835	2.44		156,958	131,059,735
<b>Total fruit tree crops</b>					124,104,254
apple	3,606	0.49		31,753	114,490,158
pear	0	0.00		0	0
peach	6	1.55	₩64,300	99,373	622,608
persimmons	108	0.20		12,930	1,391,028
Etc	78	1.52		97,511	7,600,461

note<sup>1)</sup> The data of the number of colony of bumblebees used per 10a are from Table 5.

note<sup>2)</sup> The average cost per colony is calculated using the following purchase price of bumblebees from ten domestic producers surveyed.

Item	Domestic colony of bumblebees									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Cost (won)	60,000	71,500	60,000	70,000	60,000	65,000	60,000	60,000	65,000	71,500

Table 14. Incremental cost of honeybees in fruit and vegetable crops (Unit: K won)

Item	Area of imported bumblebees (10a)	Honeybees			
		colony per 10a <sup>1)</sup> (2011)	Cost per colony <sup>2)</sup>	Purchase cost per 10a	Incremental cost
<b>Total vegetable crops</b>					1,130,346,840
watermelon	239	0.94		101,965	24,365,156
oriental melon	319	1.64		178,599	56,966,320
cucumber	0	1.88		203,752	0
pumpkin	384	1.37	₩108,668	148,766	57,059,959
tomato	6,576	1.21		131,210	862,794,741
strawberry	59	1.72		186,543	10,954,102
Etc	835	1.30		141,565	118,206,561
<b>Total fruit tree crops</b>					134,266,013
apple	3,606	0.32		35,126	126,651,399
pear	0	0.16		17,513	0
peach	6	0.85	₩108,668	92,414	579,006
persimmons	108	0.21		23,355	2,512,623
Etc	78	0.53		58,028	4,522,985

note<sup>1)</sup> The data of the number of colony of honeybees used per 10a are from Table 5.

note<sup>2)</sup> The average cost per colony is calculated from purchase price and lease fee of honeybees in 2013 when 94 cities are surveyed(Lee et al., 2014). In addition, It reflects the price fluctuation rate(Table 2).

Table 15. Incremental cost of artificial pollination in fruit and vegetable crops (Unit: K won)

Item	Area of imported bumblebees (10a)	Artificial pollination				Incremental cost
		Labor cost per 10a <sup>1,3)</sup>	Cost of pollination per 10a <sup>2,3)</sup>	Material cost per 10a <sup>2,3)</sup>	Artificial pollination cost per 10a	
<b>Total vegetable crops</b>						275,282,500
watermelon	239	25,112	6,090	1,527	32,729	7,820,925
oriental melon	319	25,112	6,090	1,527	32,729	10,439,432
cucumber	0	25,112	6,090	1,527	32,729	0
pumpkin	384	25,112	6,090	1,527	32,729	12,553,532
tomato	6,576	25,112	6,090	1,527	32,729	215,217,718
strawberry	59	25,112	6,090	1,527	32,729	1,921,919
Etc	835	25,112	6,090	1,527	32,729	27,328,974
<b>Total fruit tree crops</b>						91,349,396
apple	3,606	12,327	8,679	3,262	24,267	87,499,077
pear	0	76,126	7,326	1,319	84,771	0
peach	6	7,930	2,266	0	10,196	63,879
persimmons	108	3,337	6,090	1,527	10,954	1,178,496
Etc	78	25,842	6,090	1,527	33,459	2,607,945

note<sup>1)</sup> The labor cost per 10a is derived through the separate calculation process(Table 16).

note<sup>2)</sup> The pollination cost and material cost per 10a are calculated by reflecting the price change rate(Table 2) to the amount presented by Seo et al., (2011)

note<sup>3)</sup> There are no statistical data of pollen cost and material cost with 'vegetable crops' and 'some of fruit tree crops', so the average value of other fruit tree crops is used for these items.

Table 16. Labor times and labor cost of artificial pollination per 10a in fruit tree crops (Unit: K won)

Labor time and labor cost of artificial pollination per 10a													
Item	Work step	Labor				Self-labor				Average labor cost <sup>2)</sup>	Pollination rate	Artificial pollination rate	Artificial pollination labor cost
		man (hour) <sup>1)</sup>	Cost (won)	woman (hour) <sup>1)</sup>	Cost (won)	man (hour) <sup>1)</sup>	Cost (won)	woman (hour) <sup>1)</sup>	Cost (won)				
apple	Artificial insemination	0.1	12,000	0.2	8,280	0.4	12,023	0.3	8,213	10,129.1	17.83%	82.17%	12,327
pear	Artificial insemination	0.3	12,964	2.2	9,113	1.7	12,910	1.4	9,099	58,623.4	22.99%	77.01%	76,126
peach	Artificial insemination	0.0	13,130	0.2	8,771	0.4	12,864	0.1	8,768	7,776.6	1.93%	98.07%	7,930
persimmons	Artificial insemination	0.0	12,255	0.1	8,071	0.1	12,251	0.1	8,077	2,839.9	14.90%	85.10%	3,337
Etc <sup>3)</sup>	Artificial insemination	0.1	12,723	0.7	8,987	0.7	12,741	0.5	8,888	19,842.3	23.22%	76.78%	25,842

note<sup>1)</sup> The data of labor times are from agricultural income survey statistics in 2015.

note<sup>2)</sup> Average labor cost is the sum of 'time×cost'. The average labor cost(X) is calculated using the following equation because the labor time shown in the statistics is the average of pollinator-using farmers and artificial pollination-using farmers.

$$\text{Average labor cost} = 0(\text{Pollinator}) \times \text{Pollination rate} + X(\text{Artificial pollination}) \times \text{Artificial pollination rate.}$$

note<sup>3)</sup> Labor time for Etc is calculated as the average of apple, pear, peach and persimmons and cost per hour for Etc is weighted average of apple, pear, peach and persimmons based on labor time.

note<sup>4)</sup> Artificial pollination labor cost per 10a of Vegetable crops are calculated as the average of those of fruit tree crops.

Table 17. Comparison of alternatives focused on bumblebees importing plan (Unit: K won)

Item	Imported Bumblebees	Domestic Bumblebees	Honeybees	Artificial pollination
A. Incremental Revenue (a-b)	48,239,650,153	48,239,650,153	48,239,650,153	30,205,787,100
a. Sales revenue	134,958,556,212	134,958,556,212	134,958,556,212	116,924,693,159
b. Production cost	86,718,906,059	86,718,906,059	86,718,906,059	86,718,906,059
B. Incremental cost	1,438,636,860	1,069,414,452	1,264,612,853	366,631,895
C. Incremental profit (A-B)	46,801,013,293	47,170,235,701	46,975,037,300	29,839,155,204
D. Opportunity cost <sup>1)</sup>	47,170,235,701	46,975,037,300	47,170,235,701	47,170,235,701
E. Economic profit (C-D)	△369,222,408	195,198,401	△195,198,401	△17,331,080,497

note<sup>1)</sup> Opportunity cost. = max [ incremental profit of the other alternative except the plan chosen by decision-maker ]

## REFERENCES

- Asada, S. and M. Ono(2000) Difference in colony development of two Japanese bumblebees, *Bombus hypocrita* and *B. ignitus* (Hymenoptera: Apidae). *Appl. Ent. Zool.* 35(4): 597-603.
- Çankaya, N.E. and O. Kaftanoglu(2006) An investigation on some diseases and parasites of bumblebee queens (*Bombus terrestris* L.) in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 9(7): 1282-1286.
- Dafni, A. and A. Shmida(1996) The possible ecological implications of the invasion of *Bombus terrestris* (L.) (Apidae) at Mt Carmel, Israel. In: A. Matheson, S.L. Buchmann, C. O'Toole, P. Westrich, and I.H. Williams (eds.). *The Conservation of Bees.* Academic Press, pp. 183-200.
- Inoue, M.N., J. Yokoyama and I. Washitani(2008) Displacement of Japanese native bumblebees by the recently introduced *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae). *J. Insect Conserv.* 12: 135-146.
- Jung, C.E.(2008). Economic Value of Honeybee Pollination on Major Fruit and Vegetable Crops in Korea. *Korean J. Apiculture* 23(2): 147-152.

- Kawahara, S.(2004) Note on *Bombus terrestris* L. newly found in Koshimizu-cho, North-east Hokkaido. Res. Rep. Bihoro Musium 12: 69-74.
- Matsumura C., J. Yokoyama and I. Washitani(2004) Invasion status and potential impacts of an invasive alien bumblebee, *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) naturalized in southern Hokkaido, Japan. Global Environ. Res. 8: 51-66.
- Ono, M.(1997) Ecological implication of introduced *Bombus terrestris*, and significance of domestication of Japanese native bumblebees (*Bombus* spp.). Proc. Int'l. Workshop on biological invasions of ecosystem by pests and beneficial organisms, pp. 242-252.
- Ono, M.(1998) Why are now the bumblebees? The Nature and Insects 33(6): 2-3.
- Park, I.G., H.J. Yoon, M.A. Kim, K.Y. Lee and P.D. Kang(2013) Pollinating Insects, the Specialist of Crop Pollination - The Role and Value of Pollinator - RDA Interobang (No. 101).
- Robinson, W.S., R. Nowogrodzki and R.A. Morse(1989) The value of honey bees as pollinators of U. S. Crops. American Bee Journal 129: 411-423.
- Schmid-Hempel, R., M. Eckhardt, D. Goulson, D. Heinzmann, C. Lange, S. Plischuk, L.R. Escudero, R. Salathé, J.J. Scriven, and P. Schmid-Hempel(2014) The invasion of southern South America by imported bumblebees and associated parasites. Journal of Animal Ecology 83(4): 823-837.
- Seo, D.K., S.B. Lee, S.Y. Lee, S.H. Park, D.S. Kim, W.T. Kim, K.H. Park and Y.C. Choi(2011) An Economic Analysis of Pollinator's Activities on the Production of Major Fruit Trees in Korea. Korean J. Apiculture 26(4): 331-340.
- Velthuis, H.H.W. and A. Van Doorn(2006) A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. Apidologie 37(4): 421-451.
- Yoon, H.J., K.Y. Lee, I.G. Park, M.A. Kim, Y.M. Kim and P.D. Kang(2013) Current Status of Insect Pollinators Use for Horticultural Crops in 2011. Korean J. Apiculture 28(1): 9-18.