

Research Paper

재래꿀벌(*Apis cerana*) 서식지의 생태계서비스 평가와 양봉가 인식 기반 보전 전략

김버리* · 천광일* · 권혁수*

국립생태원 생태계서비스팀*

Ecosystem Services Assessment of Native Honeybee (*Apis cerana*) Habitats and Conservation Strategies Based on Beekeeper Perceptions

ByeoRi Kim* · KwanGil Cheon* · HyukSoo Kwon*

Ecosystem Services Team, National Institute of Ecology*

요약: 본 연구는 충청남도 서천군의 재래꿀벌(*Apis cerana* Fabricius 1793) 서식지를 대상으로 양봉가 포커스그룹 인터뷰(FGI), 생태계서비스 간이평가, GIS 기반 공간분석을 통합한 다학제적 접근법을 적용하였다. 5개 양봉장을 중심으로 반경 3km 버퍼 내 토지피복 특성을 분석하고, RAWES 평가도구를 재구성한 17개 생태계서비스 항목에 대해 리커트 척도로 평가하였다. 분석 결과, 물공급, 경관가치, 수분서비스, 서식지 제공 순으로 높게 평가되었다. 수분서비스에 대한 위협요인 평가에서는 외래생물(등검은말벌, 낭충봉아부패병), 개발압력, 환경오염 순으로 인식되었으며, 특히 봄철 밀원자원 부족과 양질 밀원식물의 중요성이 확인되었다. 양봉가 경력에 따른 생태계서비스 인식 차이가 관찰되었으며, 개인 경험과 지역 생태환경 요인이 복합적으로 작용함을 확인하였다. 본 연구는 재래꿀벌 보전을 위한 과학적 근거 기반 서식지 관리 전략과 생태 사회적 의존성을 보여주어 정책 개발의 실증적 토대를 제공한다.

주요어: 재래꿀벌, 생태계서비스 평가, 수분매개서비스, 서식지 분석, 양봉가 인식 조사

Abstract: This study applied a multidisciplinary approach integrating Focus Group Interviews (FGI) with beekeepers, rapid ecosystem services assessment, and GIS-based spatial analysis to investigate native honeybee (*Apis cerana* Fabricius, 1793) habitats in Seocheon-gun, Chungcheongnam-do, Republic of Korea. Land cover characteristics within 3km buffer zones around five apiaries were analyzed, and 17 ecosystem service indicators reconstructed from the RAWES framework were evaluated using a Likert scale survey. The results showed that water supply, landscape value, pollination services, and habitat provision were rated highest in importance, in that order. Threat assessments for pollination services identified invasive species (Asian yellow-legged hornet, sacbrood

virus), development pressure, and environmental pollution as primary perceived stressors. The critical shortage of spring nectar resources and quality nectar plants was confirmed. Differences in ecosystem service perception according to beekeeping experience were observed, indicating complex interactions between individual experience and local ecological conditions. Overall, this research provides an empirical and science-based foundation for developing habitat management strategies and policies frameworks to support the conservation of *A.cerana*.

Keywords: honeybee (*Apis cerana*), Ecosystem services assessment, Pollination services, Habitat spatial analysis, Beekeeper perception survey

I. 서론

수분서비스는 안정적 농업 생산성뿐만 아니라 생물 다양성과 생태계 건강성을 유지하는 주요한 기능을 한다. 중 꿀벌(Hymenoptera: Apidae)은 전 세계적으로 주요한 화분매개곤충으로 주요 식량 작물 115종을 대상으로 약 35%가 동물매개 수분에 의존하며(Klein et al., 2007), 국내 과수 및 채소 작물 생산에 약 50%가 의존하고 있다(Jung, 2008). 이러한 과수 및 채소 등은 대부분 고부가 가치 작물로서, 농가 및 식품산업의 생산성에 막대한 영향을 주고 있다(Potts et al., 2016). 이러한 서비스의 안정성을 보장하기 위해서는 수분 매개곤충의 서식지 경관 관리와 연중 다양한 밀원 자원 제공이 필요하다(Steffan et al., 2002; Koh, 2020).

양봉꿀벌(*Apis mellifera* Linnaeus, 1758)과 재래꿀벌(*Apis cerana* Fabricius, 1793)은 전 세계적으로 널리 사육되는 대표적인 종이다. 양봉꿀벌은 대량 꿀 생산과 기술 공유가 활발해 상업 양봉의 주류를 이루고 있는 반면(농림축산식품부, 2021), 재래꿀벌은 기후 적응력과 질병 저항성이 높고 지역 고유 생태·문화 자산과 깊이 연관되어 있음에도 불구하고 그 사육 규모와 개체 수가 급격히 감소하고 있다(Theisen-Jones & Bienefeld, 2016). 재래꿀벌의 봉군 수는 양봉꿀벌이 적극적으로 양봉산업에 사용되는 1970년대 이후, 꾸준히 감소하고 있다. 특히, 2009년에는 낭충봉아부패병 발생으로 재래꿀벌 42만 군이 2016년 1만 군으로 급격하게 줄었다(그린피스, 2023). 재래꿀벌은 고정 사육 방식으로 열, 습도에 따른 주변 서식지 환경 변화 민감하고 감염시 집단 폐사 위험이 크다(Li et al., 2017; 2019). 그러나 재래꿀벌 서식지 특성, 비행거리 같은 행동 생태, 수분서비스

기여도 등에 관한 연구는 여전히 부족하다. 특히, 재래꿀벌 봉분과 양봉가의 수가 양봉꿀벌에 비해 적고, 개체군의 민감도가 높아 과학적 실험 연구가 제한적이다. 이러한 연구적 한계를 개선하고자 재래꿀벌 사육 경험이 있는 양봉가를 대상으로 포커스그룹 인터뷰(FGI)를 하였다. FGI에서 수집한 서식지 정보, 위협요인, 관리 방안 등의 질적 자료에 더해, 생태계서비스 간이평가와 서식지를 함께 정량 분석하였다. 이를 통하여 현장에서 재래꿀벌을 직접 관리·관찰하는 양봉가의 경험 및 지식과 함께, 서식지 현황을 토대로 재래꿀벌의 서식지 특성을 파악하고자 하였다. 본 연구는 재래꿀벌 서식지의 생태계서비스 기여도를 평가하고 양봉가의 인식을 반영하여 위협요인을 도출하며, 이를 토대로 보전 및 관리전략을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상지

조사 지역인 충청남도 서천군 양봉장 주변 서식지 분석은 벌의 평균 활동권(반경 약 3 km) 내 토지피복 특성과 생태계서비스 잠재력을 파악하기 위해 수행되었다(Gerula&Gabka, 2025).

이를 위해 환경부에서 제공하는 2021년 중분류 토지피복도를 활용하였다. Arc Pro(10.6)를 활용하여 각 벌통을 중심으로 반경 3km의 버퍼를 생성하고, 각 유형별 비율을 산출하여 주변 서식지 구성의 특성을 수치화하였다(Figure 1). 이렇게 도출된 공간 분석 결과는 FGI와 간이평가 자료와 통합하여, 재래꿀벌 서식지 관리 전략과 정책 제안의 근거자료로 활용하였다.

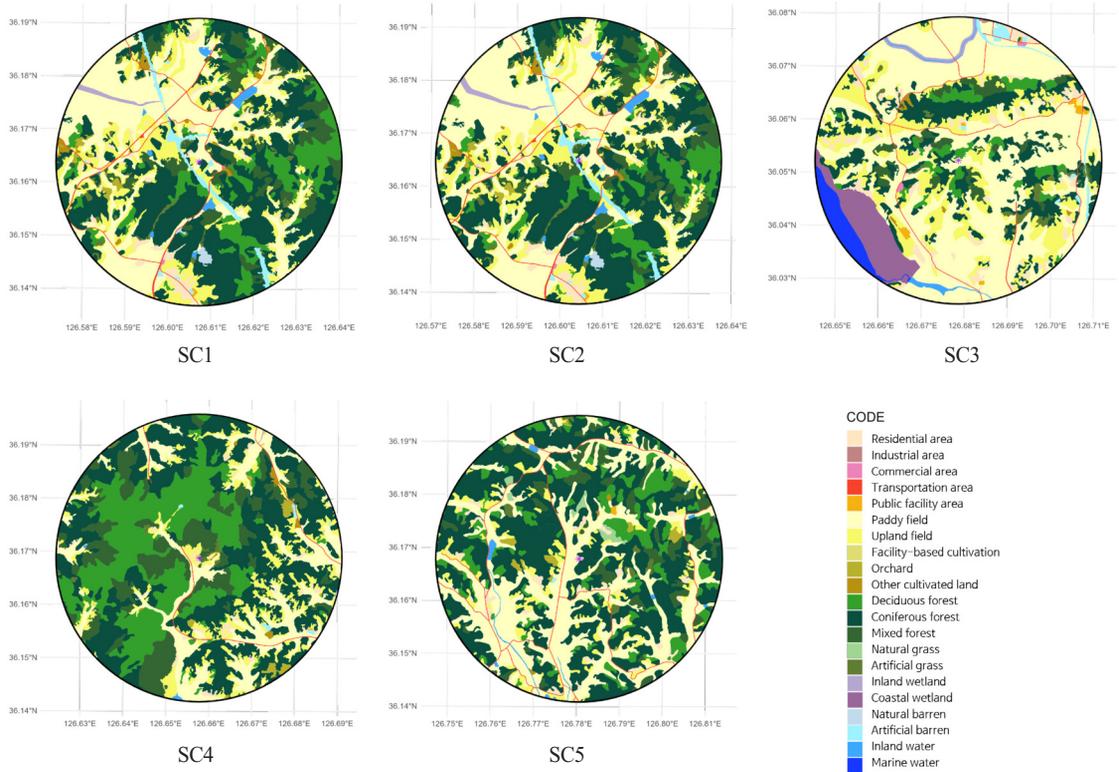


Figure 1. Ecosystem Types within 3km Radius around Bee Colonies

2. 생태계서비스 간이평가

간이평가는 FGI에서 얻은 질적 자료를 보완하여, 재래꿀벌 서식지 특성을 다각적으로 이해하기 위해 진행하였다. 이를 통해 인터뷰에서 제시된 경험적 진술과 인식된 어려움 등 주관적 서술을 수치화하고, 서비스 유형별 상대적 중요도를 정량적으로 파악할 수 있었다. 이러한 접근은 서식지별 강·약점을 명확히 드러내고, 향후 관리 전략 설정 시 실증적 근거를 제공한다는 장점이 있다.

평가는 습지 평가 도구 RAWES(Rapid Assessment Wetland Ecosystem Services, McInnes & Everard, 2017; Kim et al., 2019; Choi et al., 2023)를 참고하여 공급(3항목), 조절(7항목), 문화(5항목), 지지(2항목) 등 총 17개 항목으로 재구성하였다(Table 1).

각 항목은 5점 리커트 척도로 중요도를 평가하였으며, 설문 전 사전 안내와 예비 응답을 통해 문항 이해도와 응답 일관성을 검토하였다. 추가적으로 서식지에 대한 위협요인과 함께 재래꿀벌의 행동 생태에 대한 경력,

Table 1. Survey form for assessing Ecosystem services at beekeeping sites

Section	Subcategory	Assessment scale
Basic information	Beekeeping type	Numeric entry open-ended
	Years of beekeeping experience	
	Survey site address	
	Foraging activity (spring summer autumn)	1-5 (low-high) Likert scale
	average foraging distance	
	Flower resource (spring summer autumn)	

Table 1. Continued

Section	Subcategory	Assessment scale
Ecosystem services	P_Water	1-5 (low-high) Likert scale
	P_Food	
	P_Materials	
	R_Cleaning Air	
	R_Climate	
	R_Flood	
	R_Erosion	
	R_Cleaning Water	
	R_Pollination	
	R_Noise	
	C_Aesthetics	
	C_Heritage	
	C_Recreation	
	C_Social	
	C_Education	
	S_Fertile Soil	
S_Habitat		
Threat factors	Development pressure	
	Climate change	
	Environmental pollution	
	Overexploitation	
	Invasive species	

특이사항 등 전문가 기반 정보도 함께 도출하였다.

III. 결과

3. 포커스 그룹 인터뷰

재래꿀벌을 사육하는 양봉가의 서식지에 대한 인식, 위협요인, 관리 방안에 대한 심층적 의견을 체계적으로 수집하였다. 2025년 3월, 충청남도 서천군 내 재래꿀벌을 취급하는 양봉장 총 7곳 중 참여 의사를 밝힌 5곳을 대상으로 인터뷰를 진행하였다. 참여자는 양봉활동을 최소 5년에서 최대 20년이상 경험한 양봉가로 구성되어 있다. 사전 안내를 통해 연구 목적과 절차를 상세히 설명한 후, 반구조화(semi-structured) 질문지를 활용하여 포커스 그룹 인터뷰(Focus Group Interview, FGI)를 진행하였다. 주요 질문은 재래꿀벌 서식지 특성 및 환경자원 현황, 주요 위협요인 인식, 계절별 벌 행동과 밀원 자원 변화, 서식지 관리 및 정책 지원 필요성 등으로 구성하였다.

1. 양봉장 주변 서식지 분석

재래꿀벌은 개체군이 직접 서식지를 선택하기보다는 양봉가의 지식이나 경험 등을 토대로 설치된다. 이번 연구 지역인 서천군은 농경지와 산림, 해양습지 등 다양한 생태계 유형을 가진 지역이다.

SC1과 SC2 지역은 연접한 지역으로 산림과 농경지가 골고루 분포하는 지역인 반면, SC3 지역은 논 중심에 낮은 야산과 해안 습지 등이 다양하게 분포하고 있다. SC4와 SC5 지역은 산림 위주의 생태계 유형을 가지고 있다(Table 2).

꿀벌의 생활사와 밀접하게 연관이 되는 먹이활동, 서식지의 다양성과 같은 생물적 요인, 지역사회 교류, 교육 등 사회·문화적 요인 그리고 복합적인 스트레스로 영향을 주는 토지이용, 농약, 공기오염, 기후요인 등이 수분서비스에 영향을 준다(IPBES, 2016; Duque et

Table 2. Proportion(%) of Ecosystem Types within 3km Radius around Bee Colonies

Name	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5
Residential area	2.4	2.4	4.3	1.1	2.2
Industrial area	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Commercial area	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Cultural/Sports/Leisure area	1.3	1.4	1.2	0.5	1.5
Transportation area	0.1	0.1	0.4	0.0	0.1
Paddy field	26.4	29.1	45.2	14.2	28.5
Upland field	13.2	13.2	14.7	9.1	6.0
Greenhouse area	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0
Orchard	0.5	0.5	0.0	0.7	0.8
Other cultivation	0.7	0.8	0.3	0.3	0.1
Deciduous forest	10.1	9.0	3.9	22.9	10.5
Coniferous forest	31.5	30.5	14.6	34.9	41.6
Mixed forest	9.0	8.2	3.4	15.5	6.7
Natural grass	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
Artificial grass	1.4	1.3	1.2	0.5	0.6
Inland wetland	0.4	0.6	0.7	0.0	0.0
Coastal wetland	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0
Natural barren	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0
Artificial barren	1.8	1.8	1.2	0.2	0.0
Inland water	0.8	0.8	0.6	0.1	0.6
Marine water	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0

al., 2024; Dainese et al, 2019).

서식유형 중 높은 비율을 차지하는 벼는 풍매화(wind pollination, Anemophily)이거나 자가수분(self-pollination, autogamy) 작물이며 꿀이 매우 적거나 거의 없지만, 벼, 밀, 옥수수 등 화분을 먹이로 수집하기 때문에 벌 군집에 인접한 논에 사용되는 살충제, 제초제, 살균제 등이 부정적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Liu et al., 2022). 그 외에는 침엽수와 밭이 주요한 유형으로 구성되어 있었다. 양봉가들이 언급하는 주요한 밀원 자원(신나무, 헛개나무)을 제공하는 것으로 활엽수림과 혼효림 등이 있다. 과수원과 기타 작물 지역도 있었으나 비율은 미미하였다.

2. 생태계서비스 간이평가

생태계서비스 간이평가를 통해 양봉장 5곳에 대한 생태계서비스 항목별 평가 및 전반적인 생태계서비스 평가를 확인하였다.

물공급(평균 4.4), 경관가치(평균 3.8), 꽃가루받이

(평균 3.6) 서식처 제공(3.4) 항목에 대하여 높게 평가가 되었다. 반면 문화유산, 여가 및 관광과 같은 문화서비스가 평균 2점 이하로 낮게 평가되었다. 벌 서식지로 활동하는데 직접적인 영향을 줄 수 있는 물, 수분, 서식처 제공에 대한 항목은 높게 평가되었으나 문화서비스 제공에 대한 부분 낮게 평가되었다(Figure 2). 이는 재래꿀벌 서식지의 가치가 주로 생태적·기능적 측면에서 인식되는 반면, 문화적·사회적 활용에 대한 제도적 지원이나 인센티브가 부족함을 시사한다. 이러한 맥락에서 미국과 유럽에서는 제도적 장치를 통해 수분서비스 보전과 농가 참여를 유도해왔다. 미국은 2008년부터 「Farm Bill」 농업 보전 프로그램에 수분매개 보호를 포함시켜 서식지 조성, 밀원식물 식재, 비용 지원 등을 실무 지침으로 제시하였으며(USDA NRCS, 2008; 2023), 유럽은 Agri-Environment Schemes(AES)를 통해 농업 환경 보전을 추진해 왔다. Dicks(2015)는 두 제도를 비교하면서, 특히 미국의 직접 보상 중심 인센티브 구조가 농가 참여를 높이고 수분서비스 증진에 효과적인지

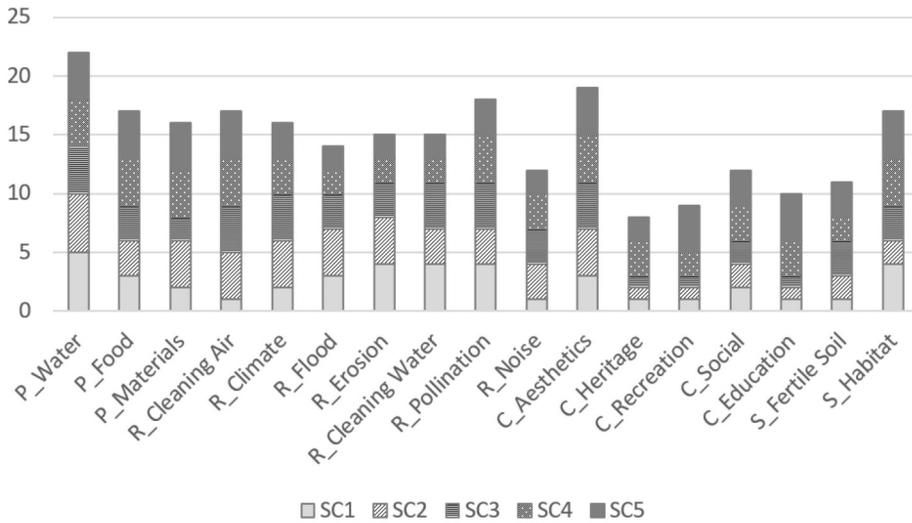


Figure 2. Result of Rapid Ecosystem Services Assessment

속가능 전략임을 강조하였다.

3. 재래꿀벌의 서식지 분석을 위한 양봉가 포커스 그룹 인터뷰

양봉가 인터뷰 결과, 수분서비스와 서식지에 대한 인식은 개인의 경험과 경력 차이에 따라 뚜렷하게 구분되었다. 경력이 높은 양봉가는 전반적으로 생태계서비스 가치를 높게 평가하는 경향을 보였으며, 반대로 경력이 짧은 응답자들은 항목별 편차가 상대적으로 컸다. 또한 풍부한 밀원자원과 안정적인 서식지를 확보한 양봉가들은 대체로 높은 만족도를 보였으나, 자원이 부족하거나 서식지가 불안정한 경우 평가 점수가 낮았고, 정책적 지원 필요성을 강하게 표현하였다. 계절별 활동에 대한 응답에서는 봄철 자원 부족이 가장 심각하게 지적되었다. “꽃이 피기 시작하는 봄에는 꿀벌이 나가도 먹을 것이 없다”는 현장 경험은 봄철 수분서비스 저하와 직결되는 문제로 반복 언급되었다. 가을철에는 상대적으로 밀원자원이 풍부해 활동 빈도가 높게 유지되었다. 이처럼 계절적 밀원 변동이 서식 안정성과 수분서비스를 좌우하는 핵심 요인으로 나타났다.

전반적인 인식을 참고하기 위해 진행한 인터뷰 내용의 텍스트 분석에서는 ‘꿀’, ‘토봉’, ‘헛개나무’, ‘신나무’, ‘밀원’, ‘낭충봉아부패병’ 등이 도출되었다. 이는 인터뷰 서술과 일관되게, 특정 밀원수종의 중요성과 전염

병 관리가 주요 관심사임을 확인하였다.

위험요인 평가에서는 외래생물(등검은말벌, 질병 등)에 대한 경계가 가장 높게 나타났고, 이어 개발압력, 환경오염, 과이용, 기후변화 순으로 인식되었다. 이는 토종벌 양봉가들이 서식지 축소, 농약 사용, 병해충 확산 등을 직접적인 위협으로 체감하고 있음을 보여준다.

응답자 경험 기반의 생태계서비스 인식은 주변 토지 피복 유형과 일정 수준의 연관성을 가졌지만 그렇지 않은 부분에 대한 차이는 지역 생태환경, 계절적 요인, 밀원식물 접근성 등 다양한 요인이 복합적으로 작용했을 것으로 보인다(Martin-López et al., 2012; Iniesta-Arandia et al., 2014). 선행연구에서도 생태계서비스 인식은 물리적인 환경 요인 뿐 아니라 개인의 경험 기반, 가치관, 사회문화적 맥락에서 크게 좌우되는 것으로 보고 된다(Zoderer et al., 2019; Thiemann et al., 2022)

IV. 결론 및 고찰

본 연구는 충청남도 서천군의 재래꿀벌(*Apis cerana*) 서식지를 대상으로 GIS 기반 공간분석, 생태계서비스 간이평가, 양봉가 포커스그룹 인터뷰(FGI)를 통합하는 다학제적 접근을 시도하였다. 이는 과학적 실험 연구가 제한적인 재래꿀벌의 서식지 특성을 규명하는 데 있어, 정량적 데이터와 이해당사자의 경험적 지식을

결합하는 방법론을 제시하였다. 연구 결과, 재래꿀벌 서식지는 물공급, 경관가치, 수분서비스 순으로 높게 평가되었으며, 양봉 활동의 안정성이 지역의 생태·사회적 자원에 크게 의존함이 확인되었다. 본 연구는 재래꿀벌 양봉 시스템을 지역 고유의 자원과 사회·문화적 맥락이 결합된 복합적인 생태·사회 시스템으로 이해하는 실증적 토대를 제공하였다는 점에서 학술적 의의가 있다.

연구 결과는 재래꿀벌 보전 전략 수립 시 생태적 요인과 사회적 인식을 동시에 고려해야 함을 시사한다. 생태적 기능(공급, 조절, 지지서비스)은 높게 평가된 반면, 문화서비스(여가, 문화유산 등)는 낮게 평가되었다. 이는 재래꿀벌이 가진 고유한 생태·문화적 가치가 아직 사회적으로 충분히 활용되거나 정책적 지원으로 연결되지 못하고 있음을 의미한다.

특히, 양봉가 경력에 따라 생태계서비스 인식에 차이가 관찰된 점은 주목할 만하다. 이는 생태계서비스 인식이 물리적 환경뿐만 아니라 개인의 경험, 가치관, 사회문화적 맥락에 의해 복합적으로 형성되기도 한다. 이러한 결과는 보전 정책 수립 시 현장 전문가인 양봉가의 지역생태지식(Local Ecological Knowledge)을 적극적으로 반영하는 협력적 거버넌스 구축이 중요함을 강조한다. 또한, 봄철 밀원 부족과 외래생물 위협은 서식지의 회복탄력성을 저해하는 핵심 요인으로, 이를 해결하기 위해서는 소규모 서식지의 질적 개선과 서식지 간 연결성 확보가 중요한 과제로 제시된다.

본 연구는 몇 가지 한계점을 지닌다. 첫째, 기후변화와 병충해 등으로 재래꿀벌 농가가 급감하는 추세 속에서 연구 대상지 표본 수(5곳)가 충분하지 못하여, 연구 결과를 일반화하는 데 충분한 고려가 필요하다. 둘째, 생태계서비스 평가가 양봉가의 주관적 인식에 기반하였으므로, 실제 생태계 기능의 정량적 측정과는 차이가 있을 수 있다. 셋째, 서식지 분석 시 중분류 토지피복도를 활용하여, 실제 밀원식물의 종 다양성이나 식생의 질적 수준을 상세히 반영하지 못한 한계가 있다.

향후 연구에서는 이러한 한계점을 보완하기 위한 접근이 필요하다. 첫째, 연구의 공간적 범위와 표본 수를 확대하여 지역별 토지이용 특성과 밀원식생 분포에 따른 인식 차이를 체계적으로 비교 분석해야 한다. 둘째,

양봉가의 인식 기반 평가를 보완하기 위해 화분 분석(Pollen Analysis)이나 직접적인 수분 기여도 측정 등 생태학적 정량 연구를 병행하여 서식지 특성을 검증할 필요가 있다. 셋째, 재래꿀벌의 실제 행동 생태(비행 거리, 선호 밀원)를 추적하고 기후변화 시나리오를 적용하여 미래 서식지 적합성 모델을 개발하는 연구가 요구된다.

사사

본 연구는 국립생태원 고유연구과제(NIE-B-2025-03) “생태계서비스 평가 기반 정책 결정 지원 체계 구축” 사업의 지원으로 작성되었습니다.

References

- Beekman, M., & Ratnieks, F. L. W. (2000). Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. *Functional Ecology*, 14(4), 490-496. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2000.00456.x>
- Choi, H. A., Seliger, B., & Han, D. (2023). Rapid ecosystem services assessment of Mundok Ramsar wetland in Democratic People's Republic of Korea and opportunities to improve well-being. *Journal of Ecology and Environment*, 47(2), 27-34. <https://doi.org/10.5141/jee.2023.002>
- Dainese, M., Martin, E. A., Aizen, M. A., Albrecht, M., Bartomeus, I., Bommarco, R., ... & Steffan-Dewenter, I. (2019). A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science advances*, 5(10), eaax0121. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0121>
- Dicks, L., Vaughan, M., & Lee-Mäder, E. (2016). Developing incentives for farmers to support pollinators: Contrasting approaches from Europe and the United States. In D. Goulson, B. Ollerton, & S. Potts (Eds.), *Pollination services to agriculture* (pp. 216-234). Routledge.
- Duque, L., & Steffan-Dewenter, I. (2024). Air pollution:

- a threat to insect pollination. *Frontiers in Ecology and the Environment.*, 22(3) <https://doi.org/10.1002/fee.2701>
- Gerula, D., & Gąbka, J. (2025). The effect of land cover on the nectar collection by honeybee colonies in urban and rural areas. *Applied Sciences*, 15(8), 4497. <https://doi.org/10.3390/app15084497>
- Gill, R. A. (1990, August). The value of honeybee pollination to society. In VI International Symposium on Pollination (Vol. 288, pp. 62-68). *International Society for Horticultural Science*. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1990.288.8>
- Greenpeace, & Andong National University Industry-Academic Cooperation Foundation. (2023, May 20). Honeybee & wild bee fact sheet (final version). *Greenpeace*. https://www.greenpeace.org/static/planet4-korea-stateless/2023/05/6e0c9982-0601_꿀벌-보고서_최종본.pdf
- Iniesta-Arandia, I., García-Llorente, M., Aguilera, P. A., Montes, C., & Martín-López, B. (2014). Socio-cultural valuation of ecosystem services: Uncovering the links between values, drivers of change, and human well-being. *Ecological Economics*, 108, 36-48. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.09.028>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). (2016). The assessment report on pollinators, pollination and food production. IPBES Secretariat. <https://ipbes.net/assessment-reports/pollinators>
- 정철의. (2008). 한국 과수 및 채소 작물 생산에서 꿀벌 화분매개의 경제적 가치 평가. *한국양봉학회*, 23(2), 147-152.
- Jeong, C. E. (2008). Economic valuation of honeybee pollination for fruit and vegetable crop production in Korea. *Journal of Apiculture*, 23(2), 147-152.
- Katuwal, D. R., Pokhrel, A., & Khanal, D. (2023). Comparative study of *Apis cerana* and *Apis mellifera*. *Journal of Agriculture & Forestry Research*, 2(3), 41-48. <https://ssrn.com/abstract=4509061>
- 김벼리, 이재혁, 김일권, 김성훈, & 권혁수. (2019). 지역 이해당사자 참여 생태계서비스 간이평가. *한국환경복원기술학회지 (환경복원기술)*, 22(1), 1-11.
- Kim, B. R., Lee, J. H., Kim, I. K., Kim, S. H., & Kwon, H. S. (2019). Rapid assessment of ecosystem services applied to local stakeholders. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 22(1), 1-11. <https://doi.org/10.13087/kosert.2019.22.1.001>
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- 고인수, 최혜영, & 권혁수. (2020). 야생화분매개곤충 분포 모형을 활용한 과수원 수분 서비스 위험도 평가. *한국환경복원기술학회지 (환경복원기술)*, 23(6), 29-41.
- Ko, I. S., Choi, H. Y., & Kwon, H. S. (2020). Risk assessment of orchard pollination services using distribution models of wild pollinators. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 23(6), 29-41. <https://doi.org/10.13087/kosert.2020.23.6.029>
- Liu, F., Zhang, G., Zhang, C., Zhou, W., Xu, X., Shou, Q., ... & Dai, P. (2023). Pesticide exposure and forage shortage in rice cropping system prevents honey bee colony establishment. *Environmental Research*, 219, 115097. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.115097>
- Martín-López, B., Iniesta-Arandia, I., García-Llorente, M., Palomo, I., Casado-Arzuaga, I., Amo, D. G. D., ... & Montes, C. (2012). Uncovering ecosystem service bundles through social preferences. *PLoS One*, 7(6), e38970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038970>

- McInnes, R. J., & Everard, M. (2017). Rapid assessment of wetland ecosystem services (RAWES): An example from Colombo, Sri Lanka. *Ecosystem Services*, 25, 89-105. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.03.003>
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. (2021). Other livestock statistics. *Korea Agricultural Statistics Integration System (KASS)*. <https://kass.mafra.go.kr/newkass/kas/sti/sti/orgConfmStats.do>
- Norman, G. (2010). Likert scales, levels of measurement and the “laws” of statistics. *Advances in Health Sciences Education*, 15, 625-632. <https://doi.org/10.1007/s10459-010-9222-y>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Steffan-Dewenter, I., Münzenberg, U., Bürger, C., Thies, C., & Tschamtkke, T. (2002). Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology*, 83(5), 1421-1432. [https://doi.org/10.1890/00129658\(2002\)083\[1421:SEOLCO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/00129658(2002)083[1421:SEOLCO]2.0.CO;2)
- Theisen-Jones, H., & Bienefeld, K. (2016). The Asian honey bee (*Apis cerana*) is significantly in decline. *Bee World*, 93(4), 90-97. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2016.1237758>
- Thiemann, M., Riebl, R., Haensel, M., Schmitt, T. M., Steinbauer, M. J., Landwehr, T., ... & Koellner, T. (2022). Perceptions of ecosystem services: Comparing socio-cultural and environmental influences. *PLoS One*, 17(10), e0276432. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276432>
- USDA Natural Resources Conservation Service. (2008). Using Farm Bill programs for pollinator conservation (Technical Note No. 78). *United States Department of Agriculture*. <https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/UT/TechNote78FarmBillProgramsforPollinators.pdf>
- USDA Natural Resources Conservation Service. (2023). Pollinator conservation and the Farm Bill: Program support for pollinators 2018-2023 (Technical Note No. 78). *United States Department of Agriculture*. <https://directives.nrcs.usda.gov/sites/default/files/1712940638/35160.pdf>
- Zoderer, B. M., Tasser, E., Carver, S., & Tappeiner, U. (2019). Stakeholder perspectives on ecosystem service supply and ecosystem service demand bundles. *Ecosystem Services*, 37, 100938. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100938>