



## 재배작물 5종의 밀원가치 평가

나성준, 최홍민<sup>1</sup>, 박지민, 최영임, 김영기\*

국립산림과학원 산림특용자원연구과, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부

## Evaluation of the Honey Plant Potential of Five Cultivated Crops

Sung-Joon Na, Hong-Min Choi<sup>1</sup>, Ji-Min Park, Young-Im Choi and Young-Ki Kim\*

Special Forest Resources Division, National Institute of Forest Science, Suwon 16631, Republic of Korea

<sup>1</sup>Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Republic of Korea

### Abstract

This study was conducted to evaluate the apiculture potential of five cultivated crops. Crops used in the study were grown in Suwon following standard cultivation guidelines. We investigated and analyzed flowering patterns, nectar secretion, sugar content, and potential honey production. The flowering period of buckwheat extended from May 20<sup>th</sup> to June 8<sup>th</sup>, while hairy vetch flowered from May 27<sup>th</sup> to July 4<sup>th</sup> and sunflower from June 16<sup>th</sup> to July 22<sup>nd</sup>. Sesame started flowering on June 23<sup>rd</sup> and finished on July 12<sup>th</sup>, perilla flowered from September 19<sup>th</sup> to October 8<sup>th</sup>. Among the crops, sesame exhibited the highest nectar secretion per flower at 5.15  $\mu\text{L}/\text{flower}$ , followed by buckwheat at 0.50  $\mu\text{L}/\text{flower}$ , and hairy vetch at 0.20  $\mu\text{L}/\text{flower}$ . The free sugar content per unit was highest in sunflowers and hairy vetch, at 1,482.8  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  and 1,049.0  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ , respectively, compared to other species. Calculating from nectar secretion and free sugar content per unit, sesame had the highest sugar content per flower at 1.95 mg, followed by buckwheat at 0.42 mg and hairy vetch at 0.20 mg. Using sugar content per flower, the number of flowers per plant and the number of plants per hectare, we estimated the potential honey production. Buckwheat exhibited the highest potential honey production at 156.3 kg/ha, followed by sunflowers at 70.4 kg/ha, and sesame and hairy vetch at 55.5 kg/ha and 50.0 kg/ha, respectively. The estimated honey production for perilla was 33.4 kg per hectare.

### Keywords

Honey plants, Honey production, Nectar secretion, Sugar content, Apiculture

## 서론

양봉산업은 밀원식물이 꿀벌에게 화밀(Nectar) 등 먹이자원을 제공하고 꿀벌은 밀원식물의 수분(Pollination)을 돕는 공생관계에 근간을 두고 있다. 일반적으로 화밀에는 화분매개자의 생존에 꼭 필요한 당과 소량의 아미노산 및 2차 대사산물이 포함되어 있으며, 종마다 분비되는 화밀의 양과 유리당 함량은 각기 다르다(Wolff *et al.*, 2006; Cavalcante *et al.*, 2018; Broyles and Stoj, 2019; Kim,

2022). 최근에는 천연꿀 생산량을 높이기 위해 밀원식물별 화밀분비 및 생장 특성, 개화량 등을 고려해 단위면적당 꿀 생산량을 추정하는 연구가 이루어지고 있다(Adgaba *et al.*, 2016; Bareke *et al.*, 2021; Kim, 2022).

국내 양봉산업의 규모가 점차 증가하는 추세에서 밀원식물의 보급은 반드시 수반되어야 한다. 국내 양봉농가는 2011년 1만 9천호에서 2020년 2만 9천호로 10년간 152% 증가했고, 봉군수는 같은 기간 175% 증가했지만, 천연꿀 생산량은 2007~2011년 2만 5천톤에서 2016~2020년 1만

3천톤으로 오히려 감소했다(농림축산부, 2022). 이러한 현상은 국내 최대 밀원수인 아까시나무의 감소, 기후변화에 의한 채밀여건 악화 등 다양한 원인이 복합적으로 작용한 결과이지만, 무엇보다 밀원자원의 부족이 가장 큰 원인으로 지목되고 있다(한, 2014).

이에 정부는 양봉산업의 발전과 양봉농가의 소득증대를 도모하기 위해 2020년 「양봉산업의 육성 및 지원에 관한 법률(이하 양봉산업법)」을 시행하여 밀원식물의 보호, 육성 및 보급에 노력하고 있다. 한편, 시행규칙 제2조는 목본 25수종, 초본 15종의 밀원식물 범위를 명시함으로써 밀원식물의 식재를 장려하고 있지만, 각 종별 밀원 특성에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

메밀은 마디풀과(Polygonaceae)에 속하는 1년생 초본으로 일반 메밀(단메밀, *Fagopyrum esculentum* Moench)과 타타리 메밀(쓴메밀, *Fagopyrum tataricum* Gaerth.)이 재배종으로 구분되며, 우리나라는 주로 일반 메밀을 재배하고 있다. 오래전부터 재배작물로 이용된 만큼 수확량 향상을 위한 표준재배기술(농촌진흥청, 2018a)과 다양한 품종이 개발되어 있다(www.nongsaro.go.kr). 최근에는 메밀꿀(*F. esculentum* honey)의 자외선에 의한 피부세포 손상 보호 효능이 확인되어 기능성 화장품 소재로서 이용 가능성이 제시된 바 있다(Kim et al., 2021).

헤어리베치(*Vicia villosa* Roth)는 내한성이 강하고 척박한 토양에도 잘 적응하는 대표적인 콩과(Fabaceae) 녹비작물로 공중질소를 고정하여 후작물에 대한 질소 공급력이 우수한 것으로 알려져 있다(Jeon et al., 2009; Campiglia et al., 2010). 주요 연구로는 녹비기능 증진을 위한 혼파체계 연구가 다수 수행되었으나(Kim et al., 2019), 밀원 관점의 연구는 전무한 실정이다.

원줄기와 가지의 선단에 큰 꽃이 피는 두상화를 형성하는 해바라기(*Helianthus annuus* L.)는 국화과(Compositae)에 속하는 1년생 초본으로 유채, 콩, 땅콩과 함께 전 세계 4대 유지작물 중 하나이다(Skoric et al., 2008). 8,000년 전부터 식용으로 이용된 것으로 알려져 있으며(Sackston, 1992), 현재는 종유를 이용한 식품산업이나 바이오디젤 산업 등 매우 광범위하게 이용되고 있다(Temme et al., 1996; Arkansas Biofuel Enterprises, 2007). 해바라기 종유의 포화지방산 함량을 낮추고 올레산 함량이 높은 품종 개발 연구가 다수 수행되었으며(Burton et al., 2004; Vick et al., 2007; Skoric et al., 2008; Seiler et al., 2010), 재배 및 생리 연구(Larson et al., 2008; Pleite et al., 2008; Zheljzkov et

al., 2009)도 활발하게 이루어졌지만, 밀원가치에 관한 연구는 수행된 바 없다.

참깨(*Sesamum indicum* L.)는 참깨과(Pedaliaceae)에 속하는 한해살이 초본으로 오래전부터 주요 농산물로 재배되었으며, 세계적으로 생산 규모가 매년 증가하는 유지작물이다. 품종에 따라 분지 유무가 다르며, 꽃은 줄기 하부의 4~6마디의 엽액에서 시작하여 18~29마디까지 15~30일간 개화하는 것으로 알려져 있다(농촌진흥청, 2018b). 다양한 육종 연구의 결과로 현재 67품종이 출원·등록되어 있으며(www.nongsaro.go.kr), 최근에는 참깨 추출물의 품종별 항산화 활성과 산화적 스트레스에 대한 간보호 및 활성산소종 생성억제 효과에 대한 연구가 수행된 바 있다(Kim et al., 2022).

들깨(*Perilla frutescens* Britton)는 꿀풀과(Lamiaceae)에 속하는 1년생 초본으로 예로부터 식용 및 등화용 기름 생산을 위해 재배되었고, 현재는 잎채소 소비가 증가하고 있으며, 다양한 기능성에 대한 연구가 보고되고 있다(Kim, 2012; Kang et al., 2018).

본 연구는 「양봉산업법」 시행규칙 제2조(밀원식물 범위)에 명시된 주요 식용 재배작물의 5종을 대상으로 개화 특성, 화밀분비량 및 화밀 내 유리당 함량을 조사·분석해 단위면적당 잠재적 꿀 생산량을 산출하여 밀원가치를 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 파종 및 개화 조사

본 연구는 국립산림과학원 산림생명자원연구부(수원) 구내 포지에서 재배된 식물을 대상으로 조사하였다. 메밀, 헤어리베치 및 해바라기는 2022년 4월 15일에 24 m<sup>2</sup> (4×6 m) 면적에 흩어뿌리기(산파)하였으며, 들깨 및 참깨는 폭 1.2m의 이식상을 만들어 흑색 유공비닐(7공; 15×20 cm 간격)로 피복한 후 파종하였다.

파종량은 농사로(www.nongsaro.go.kr)를 참고하여 메밀과 헤어리베치는 각각 195 g/24 m<sup>2</sup>, 해바라기는 40 g/24 m<sup>2</sup>을 파종하였으며, 참깨와 들깨는 각각 10본/m<sup>2</sup>과 9본/m<sup>2</sup> 재식되도록 4~5립씩 점파하였다. 개화 기간은 누적 개화율이 5% 이상일 때를 개화 시작일로, 모든 꽃이 낙화한 시점을 개화 종료일로 판단하여 산출하였으며, 건전한 개체 10본 이상을 선정하여 개화량을 조사하였다.

## 2. 화밀분비량 측정

화밀분비량 측정은 본당 누적 개화율이 50% 이상일 때 실시하였으며, 각 종별 꽃 수명(Flower lifespan)을 사전조사하여 화밀분비량 측정 시기를 정하였다. 헤어리베치, 해바라기, 참깨, 들깨의 꽃은 개화 1일차에 모든 꽃이 탈락하였고, 메밀은 2일간 개화가 지속되었지만 개화 2일차 꽃은 꽃잎이 떨어져 화밀이 손실되어 개화 1일차 꽃만을 대상으로 화밀량을 측정하였다.

조사 시점은 메밀 5월 22일, 헤어리베치 6월 17일, 해바라기 7월 1일, 참깨 및 들깨는 각각 7월 7일과 들깨 10월 5일이었으며, 전일 개화한 모든 꽃은 제거하고 교배봉투(Pollination bag)를 설치한 후 오후(16:30)까지 누적된 화밀을 원심분리를 통해 수집하였다. 수집한 화밀은 micro-syringe를 이용하여 정량(Corbet, 2003)한 다음, 80% 에탄올(v/v) 10배액을 첨가한 후, 0.45 µm centrifugal filter에 정제하여 유리당 분석 전까지 냉동(-20°C) 보관하였다.

## 3. 유리당 함량 및 구성 분석

유리당 함량은 HPLC (Dionex ultimate 3000, Dionex, USA)를 이용하여 분석하였다. 이동상은 3차 증류수로 유속 0.5 mL/min, 온도 80°C로 유지하였으며, Aminex 87P column (Bio-rad, USA)을 사용하였다. Ri-101 detector (Shodex, Japan)로 검출한 후 적분계에 의한 외부표준법으로 계산하였으며(linear regression equation,  $R^2 > 0.999$ ), 표준품으로는 Sucrose, Glucose, Fructose (Sigma Aldrich, USA)를 사용하였다.

## 4. 본당 및 단위면적당 꿀 잠재생산량 추정

본당 잠재적 꿀 생산량(Honey production, g/plant)은 화

밀분비량(µL/flower), 단위용량당 유리당 함량(µg/µL) 및 본당 개화량(ea/plant)을 곱해 산출하였으며, 추가적으로 실제 천연꿀이 15% 이상의 수분이 포함되어 있다는 점을 감안하여 Petanidou (2003)가 제시한 honey potential을 대입하였다. 또한, 재식밀도에 따른 ha당 생립본수를 산출하여 ha당 잠재적 꿀 생산량(Honey yield; kg/ha)을 구하였으며, 모든 계산에는 단위변환을 위한 환산을 적용하였다.

Honey production (g/plant)

$$= \text{Nectar volume } (\mu\text{L}/\text{flower}) \times \text{Free sugar content } (\mu\text{g}/\mu\text{L}) \times \text{Number of flower (ea/plant)} \times 1.15 (\text{Honey potential}^*)$$

\*Honey potential = sugar content : honey

$$= 85 : 100 (\text{Petanidou, 2003})$$

Honey yield (kg/ha)

$$= \text{Honey production (g/plant)} \times \text{Number of plants (ea/ha)}$$

# 결 과

## 1. 생장 및 개화 특성

밀원까지 평가를 위한 기초 자료를 확보하고자 종별 개화 기간, 본당 꽃 수 및 생육밀도를 조사하였다(Table 1). 메밀은 5월 20일 개화를 시작으로 6월 8일까지 20일간 개화하였으며, 헤어리베치는 5월 27일부터 7월 4일까지 39일간 각 개체가 순차적으로 개화하였다. 해바라기의 개화 기간은 6월 16일부터 7월 22일까지 37일이었으며, 참깨는 6월 23일부터 7월 12일까지, 들깨는 9월 19일부터 10월 8일까지 각각 20일간 개화하였다.

본당 평균 개화량은 들깨가 2,936.4개로 가장 많았고, 다음으로 해바라기(1,082.5개), 헤어리베치(557.2개) 순이었

**Table 1.** Results of survey on flower characteristics and plant density

Species	Flowering period	Flower number (ea/plant)		Plant density (m <sup>2</sup> /plant)
		Mean	Range	
<i>F. esculentum</i>	5/20~6/8	143.9 ± 62.5	64~263	225.6 ± 85.4
<i>V. villosa</i>	5/27~7/4	557.2 ± 99.1	469~699	42.0 ± 7.7
<i>H. annuus</i>	6/16~7/22	1,082.5 ± 383.8	579~1,790	36.0 ± 10.2
<i>S. indicum</i>	6/23~7/12	248.2 ± 81.7	131~390	10
<i>P. frutescens</i>	9/19~10/8	2,936.4 ± 753.5	1,968~4,457	9

Data represent the mean ± SD

으며, 참깨와 메밀은 각각 248.2개와 143.9개의 본당 개화량을 나타내었다. m<sup>2</sup>당 생육 본수는 메밀이 225.6본, 헤어리베치가 42.0본, 해바라기가 36.0본이었으며, 점파를 실시한 참깨와 들깨가 각각 10본과 9본이었다.

## 2. 화밀분비량 및 유리당 함량

원심분리 방법을 이용하여 꽃 하나당 화밀분비량을 측정하였으며, 화밀 내 단위용량당 유리당 함량을 분석하여 꽃 하나당 유리당 함량을 산출하였다(Table 2). 메밀의 꽃 하나의 화밀분비량은 0.50  $\mu$ L였고, 화밀 내 단위용량당 유리당 함량은 831.9  $\mu$ g/ $\mu$ L였으며, 화밀분비량과 단위용량당 유리당 함량의 곱으로 산출된 꽃 하나당 유리당 함량은 0.42 mg으로 나타났다. 헤어리베치는 0.20  $\mu$ L의 꽃 하나당 화밀분비량을 보였으며, 단위용량당 유리당 함량은 1,049.0  $\mu$ g/ $\mu$ L로 꽃 하나당 유리당 함량은 0.20 mg이었다.

해바라기는 꽃 하나당 0.11  $\mu$ L의 화밀이 분비되었으며, 단위용량당 유리당 함량은 1,482.8  $\mu$ g/ $\mu$ L로 꽃 하나당 유리당 함량은 0.16 mg이었다. 참깨의 꽃 하나당 화밀분비량

은 5.15  $\mu$ L, 화밀 내 단위용량당 유리당 함량은 379.6  $\mu$ g/ $\mu$ L로 꽃 하나당 유리당 함량은 1.95 mg으로 산출되었다. 들깨의 꽃 하나당 화밀분비량과 단위용량당 유리당 함량은 각각 0.12  $\mu$ L와 942.0  $\mu$ g/ $\mu$ L로 조사되었으며, 이를 이용해 산출된 꽃 하나당 유리당 함량은 0.11 mg이었다.

화밀의 유리당 구성 성분을 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 메밀과 해바라기의 화밀은 Fructose와 Glucose 위주로 구성되어 있었으며, 헤어리베치, 참깨 및 들깨는 Sucrose가 70% 이상인 것으로 나타났다. 한편, 참깨의 화밀에는 Fructose가 검출되지 않았다.

## 3. 잠재적 꿀 생산량 추정

화밀분비량, 유리당 함량 및 ha당 생립 본수를 기준으로 표준화된 종별 잠재적 꿀 생산량은 Table 3과 같다. 메밀의 본당 꿀 생산량은 0.07 g으로 매우 적었으나, ha당 생립본수가 많아 ha당 잠재적 꿀 생산량은 약 156.3 kg으로 매우 높았다. 헤어리베치는 0.13 g의 본당 꿀 생산량과 42만본의 ha당 생립본수를 통해 약 55.0 kg의 꿀을 생산할 수 있



Fig. 1. Flowering shape of surveyed plants.

Table 2. The nectar secretion characteristics of five honey plants

Species	NV ( $\mu$ L/flower)	FSC ( $\mu$ g/ $\mu$ L)	NSC <sup>z</sup> (mg/flower)	EHP <sup>y</sup> (g/plant)	
				Mean	Range
<i>F. esculentum</i>	0.50 ± 0.03	831.9 ± 66.8	0.42 ± 0.03	0.07	0.03~0.13
<i>V. villosa</i>	0.20 ± 0.05	1,049.0 ± 306.5	0.20 ± 0.04	0.13	0.11~0.16
<i>H. annuus</i>	0.11 ± 0.03	1,482.8 ± 105.6	0.16 ± 0.01	0.20	0.10~0.32
<i>S. indicum</i>	5.15 ± 0.52	379.6 ± 30.5	1.95 ± 0.14	0.56	0.29~0.87
<i>P. frutescens</i>	0.12 ± 0.04	942.0 ± 116.9	0.11 ± 0.03	0.37	0.25~0.56

Data represent the mean ± SD

NV: Nectar volume, FSC: Free sugar content, NSC: Nectar sugar content, EHP: Estimated honey production

<sup>z</sup>Nectar sugar content = Nectar volume ( $\mu$ L/flower) × free sugar content ( $\mu$ g/ $\mu$ L)

<sup>y</sup>Honey production = Nectar sugar content (mg/flower) × flower number per plant × honey potential (1.15) suggested by Petanidou (2003)

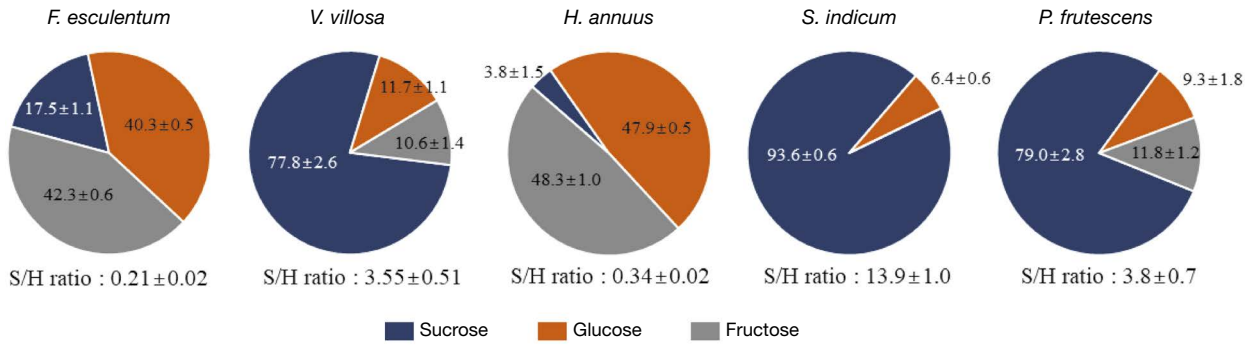


Fig. 2. Sugar composition in collected floral nectar of five honey plants.

Table 3. Estimation of honey production considering the nectar and flowering characteristics

Species	Honey production (g/plant)	Number of plants (ea/ha)	Estimated honey yield <sup>2</sup> (kg/ha)	
			Mean	Range
<i>F. esculentum</i>	0.07	2,556,000	156.3	69.5~285.6
<i>V. villosa</i>	0.13	420,000	55.0	46.3~69.0
<i>H. annuus</i>	0.20	360,000	70.4	37.7~116.5
<i>S. indicum</i>	0.56	100,000	55.5	29.3~87.3
<i>P. frutescens</i>	0.37	90,000	33.4	24.4~50.6

<sup>2</sup>Estimated honey yield = Estimated honey production (g/plant) × Number of plants per hectare (ea/ha)

을 것으로 추정되었으며, 해바라기는 약 70.4 kg의 잠재적 꿀 생산량을 보였다. 참깨와 들깨의 분당 꿀 생산량은 각각 0.56 g과 0.37 g으로 ha당 10만본과 9만본이 식재하였을 때 잠재적 꿀 생산량은 각각 55.5 kg과 33.4 kg으로 나타났다.

## 고찰

식물의 광합성 작용으로 생성된 당 화합물이 밀선(Nectary)을 통해 분비되는 화밀(Heil, 2011)은 주로 수분과 당으로 구성되어 있으며, 소량의 아미노산, 미네랄 및 2차 대사산물이 포함되어 있다(Adler, 2000; Nepi *et al.*, 2012; Afik *et al.*, 2014). 화밀에는 80%의 수분과 15~20%의 유리당으로 구성된 것으로 알려져 있지만, 이러한 비율은 상대습도, 온도 등과 같은 외부환경 요인에 의해 영향을 받는다. 동일한 화밀이라도 높은 온도와 낮은 상대습도 조건에서는 수분 함량이 낮아지고, 반대로 낮은 온도와 높은 상대습도하에서는 수분 함량이 높아지기 때문이다(Jakobsen and Kristjansson, 1994; Burquez and Corbet, 1998; Kim *et al.*, 2022). 또한 꿀벌은 화밀의 수분 함량을

20% 이하로 낮춰 벌집에 저장하기 때문에 종별 밀원생산성을 객관적으로 비교하기 위해서는 화밀분비량뿐만 아니라 꿀로 전환되는 유리당 함량을 분석하여 비교하는 것이 타당하다. 본 연구에서도 해바라기와 들깨의 화밀분비량은 각각 0.11 μL와 0.12 μL로 유사하였지만, 단위용량당 유리당 함량은 각각 1,482.8 μg/μL와 942.0 μg/μL로 큰 차이를 보였다. 결과적으로 해바라기와 들깨는 유사한 화밀분비량에도 불구하고 단위용량당 유리당 함량 차이로 인해 해바라기(0.16 mg)가 들깨(0.11 mg)보다 약 69% 높은 꽃 하나당 유리당 함량을 보였다.

한편, 꽃 하나당 유리당 함량과 함께 분당 꽃 수 및 단위면적당 생립본수도 밀원생산성을 평가할 때 매우 중요한 요소인데, 본 연구에서 꽃 하나당 유리당 함량이 가장 낮은 들깨(0.11 mg)는 가장 많은 분당 꽃 수로 인해 메밀, 헤어리베치 및 해바라기보다 우수한 분당 꿀 생산량을 보였다(Tables 1 and 2). 또한, 꽃 하나당 잠재 꿀 생산량이 가장 적은 메밀(0.07 g)은 ha당 생립가능 본수가 많아 ha당 잠재 꿀 생산량은 156.3 kg으로 가장 높았다(Tables 2 and 3). 이처럼 각 종마다 잠재적 꿀 생산량을 정량적으로 비교하기 위해서는 화밀분비량, 유리당 함량, 분당 꽃 수를 종합적



으로 고려해야 함과 동시에 단위면적당 생립가능 본수를 산출해 표준화해야 한다(Adgaba *et al.*, 2016; Kim *et al.*, 2022).

화밀을 구성하는 당 종류는 화분매개 곤충의 유인과 관련이 있는데, sucrose 함량이 높은 화밀은 꿀벌 등 긴 혀를 가지는 화분매개자(Long-tongue pollinator)가 선호하고, hexose (Glucose + Fructose) 함량이 높은 화밀은 파리 등 짧은 혀를 가지는 화분매개자(Short-tongue pollinator)가 선호하는 것으로 알려져 있으며(Baker and Baker, 1983), 화밀의 당 구성은 종마다 다르게 나타난다(Cnaani *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2022). 본 연구에서 수행한 5종의 화밀을 Baker and Baker (1982)가 제안한 S/H ratio 등급 기준을 적용해 보면, 헤어리베치, 참깨 및 들깨는 sucrose-dominant (ratio > 1.0) 등급이었으며, 메밀 및 해바라기는 hexose-dominant (ratio < 0.1) 등급이었다. 하지만, hexose-dominant에 속한 메밀과 해바라기의 화분매개자별 방문빈도를 관찰해 본 결과, 파리류보다 꿀벌의 방화빈도가 많은 것으로 관찰되어 이에 관해서는 추가적인 연구가 필요해 보인다.

본 연구는 2020년 시행된 「양봉산업의 육성 및 지원에 관한 법률」 시행규칙 제2조(밀원식물의 범위)에 명시된 초본류에 대한 정량적 밀원가치 평가를 처음으로 수행하였으며, 비록 수원지역에 한정되었지만 파종 시기에 따른 정확한 개화 시기와 기간을 제시하였다는 데 의의가 있다. 뿐만 아니라, 개화 및 밀원 특성을 종합적으로 고려한 단위면적당 잠재적 꿀 생산량을 평가한 결과는 밀원단지 조성 시 종 선정에 중요한 자료로 활용될 것으로 생각된다. 5월에 개화하는 메밀은 잠재적 꿀 생산량이 매우 우수한 작물로 식용뿐만 아니라 경관적 가치도 높은 다기능 작물이라 할 수 있다. 헤어리베치는 친환경 녹비작물이자 토양유실을 막는 토양피복 작물(Seo, 2000; Kim *et al.*, 2002)로써 밀원생산성도 우수하였다. 무밀기인 7~8월에 개화하는 해바라기와 참깨는 모두 우수한 잠재적 꿀 생산량을 나타내었으며, 해바라기가 참깨보다 개화 기간이 다소 길고, 꿀 생산량도 우수하였다. 또한 최근 해바라기 화분의 들기가 뒤영벌의 장내 기생충을 77%까지 감소시킬 뿐만 아니라(Figueroa *et al.*, 2023), 바로아 응애(Varroa mite)의 감염을 낮춘다는 연구 결과(Palmer-Young *et al.*, 2023)를 고려할 때, 해바라기는 꿀벌의 먹이자원뿐만 아니라 봉군 강건성에도 도움이 될 것으로 판단된다. 들깨의 잠재적 꿀 생산량은 본 연구의 5종 중 가장 낮았지만, 봉군의 월동

전 먹이자원 공급이라는 측면에서 봉장 주변 식재를 권장한다.

본 연구는 본당 꽃 수 등 개화 특성과 더불어 동일한 방법으로 종별 밀원 특성을 파악한 점에서 큰 의미가 있다. 하지만, 개화량 및 화밀분비 특성은 생육환경, 기후 등 여러 가지 인자에 의해 달라질 수 있으므로 연도 간 반복적인 조사가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 개체당 꽃 수의 최소량과 최대량이 2.3~4.1배에 달하는 만큼(Table 1), 밀원생산량을 극대화할 수 있는 다개화 품종개발 연구가 필요할 것으로 생각되며, 이미 개발된 품종 간의 비교 연구도 필요할 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 국립산림과학원 산림과학연구사업(FG0403-2023-01-2023) 및 농촌진흥청 곤충기술경쟁력강화사업(RS-2021-RD009724)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## 인용 문헌

- 농림축산식품부. 2022. 양봉산업 육성 및 지원 종합계획.  
 농촌진흥청. 2018a. 농업기술길잡이 216\_메밀.  
 농촌진흥청. 2018b. 농업기술길잡이 18\_유지작물.  
 한재환. 2014. 양봉산업의 현황과 발전방안. 한국농촌경제연구원. 연구자료 D381. pp. 1-99.
- Adgaba, N., A. A. Ghamdi, Y. Tadesse, A. Getachew, A. M. Awad, M. J. Ansari, A. A. Owayss, S. A. Mohammed and A. S. Alqarni. 2016. Nectar secretion dynamics and estimated honey production potentials of some major honey plants in Saudi Arabia. Saudi J. Biol. Sci. 24(1): 180-191.
- Adler, L. S. 2000. The ecological significance of toxic nectar. Oikos 91: 409-420.
- Afik, O., K. S. Delaplane, S. Shafir, H. M. Valle and J. J. G. Quezada-Euan. 2014. Nectar minerals as regulators of flower visitation in stingless bees and nectar hoarding wasps. J. Chem. Ecol. 40: 476-483.
- Arkansas Biofuel Enterprises. 2007. Crop yields in gallons. Available at <http://home.earthlink/~arkansabiofuels/id33.html>. Arkansas Bio-Fuels Enterprises, AR.
- Baker, H. G. and I. Baker. 1982. Chemical constituents of nectar in relation to pollination mechanism and phylogeny. pp. 131-171. in Biochemical aspects of evolutionary biology, ed. by Nitecki, M. University of Chicago Press. Chicago.

- Baker, H. G. and I. Baker. 1983. Floral nectar sugar constituents in relation to pollinator type. pp. 117-141. in Handbook of experimental pollination biology, eds. by Jones, C. E. and R. J. Little. Van Nostrand Reinhold. New York, USA.
- Bareke, T., A. Addi, K. Wakjira and T. Kumsa. 2021. Dynamics of nectar secretion, honey production potential and colony carrying capacity of *Coffea arabica* L., Rubiaceae. J. Agric. Environ. Int. 115(1): 125-138. <https://doi.org/10.12895/jaeid.20211.1556>.
- Broyles, S. B. and K. R. Stoj. 2019. Patterns of nectar production in *Asclepias curassavica* (Apocynaceae). J. Poll. Ecol. 25: 78-88.
- Burquez, A. and S. A. Corbet. 1998. Dynamics of production and exploitation of nectar: Lessons from *Impatiens glandulifera* Royle. pp. 130-152. in Nectary Biology, ed. by Bahadur, B. Dattsons, London, UK.
- Burton, J. W., J. F. Miler, B. A. Vick, R. Scarth and C. C. Holbrook. 2004. Altering fatty acid composition in oil seed crops. Adv. Agron. 84 : 273-306.
- Campiglia, E., F. Caporali, E. Radicetti and R. Mancinelli. 2010. Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) cover crop residue management for improving weed control and yield in no-tillage tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) production. Europ. J. Agronomy 33: 94-102.
- Cavalcante, M. C., L. Galetto, M. M. Maues, A. S. Filho, I. G. A. Bomfim and B. M. Freitas. 2018. Nectar production dynamics and daily pattern of pollinator visits in Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) plantations in Central Amazon: implications for fruit production. Apidologie 2018: 505-516.
- Cnaani, J., J. D. Thomson and D. R. Papaj. 2006. Flower choice and learning in foraging bumblebees: Effects of variation in nectar volume and concentration. Ethology 112: 278-285.
- Corbet, S. A. 2003. Nectar sugar content: Estimating standing crop and secretion rate in the field. Apidologie 34: 1-10. <https://doi.org/10.1051/apido:2002049>.
- Figueroa, L. L., A. Fowler, S. Lopez, V. E. Amaral, H. Koch, P. C. Stevenson, R. E. Irwin and L. S. Adler. 2023. Sunflower spines and beyond: Mechanisms and breadth of pollen that reduce gut pathogen infection in the common eastern bumble bee. Funct. Ecol. 37: 1757-1769.
- Heil, M. 2011. Nectar: generation, regulation and ecological functions. Trends. Plant Sci. 16(4): 191-200.
- Jakobsen, H. B. and K. Kristjansson. 1994. Influence of temperature and floret age on nectar secretion in *Trifolium repens* L. Ann. Bot. 74: 327-334.
- Jeon, W. T., K. Y. Seong, J. K. Lee, M. T. Kim and H. S. Cho. 2009. Effects of seeding rate on hairy vetch (*Vicia villosa*) - rye (*Secale cereale*) mixtures for green manure production in upland soil. Korean J. Crop Sci. 54: 327-331.
- Kang, H., S. G. Lee, G. J. Song and M. S. Jung. 2018. Antioxidant and anti-aging activities of ethanol extracts from defatted *Perilla frutescens*. J. Naturopathy 7: 70-74.
- Kim, C. G., J. H. Seo, H. S. Cho, S. H. Choi and S. J. Kim. 2002. Effect of Hairy Vetch as Green Manure on Rice Cultivation. Korean J. Soi. Sci. Fert. 35: 169-174.
- Kim, H. B., S. K. An and S. H. Bae. 2021. Potential Antioxidant and Antiphotoreacting Effects of *Fagopyrum esculentum* Honey on Human Dermal Fibroblasts. Asian J. Beauty Cosmetol. 20(1): 43-58.
- Kim, M. Y., S. U. Kim, J. I. Kim, E. Y. Oh, S. W. Kim, J. E. Lee, E. S. Lee and M. H. Lee. 2022. Antioxidant and Hepatoprotective Effects of Different Varieties of Sesame (*Sesamum indicum* L.) with Variation in Lignan Content. J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr. 51: 660-670.
- Kim, S. J. 2012. Inhibitory effect of perilla sprouts extracts on oxidation of perilla oil. J. Korean Appli. Sci. Technol. 29: 330-338.
- Kim, T. Y., S. Y. Kim, Y. E. Yoon, J. H. Kim and Y. B. Lee. 2019. Application of Molybdenum Enhances Nitrogen Fixation and Transfer, and Biomass Production under a Hairy Vetch/Barley Mixture Cropping System. Korean J. Environ. Agric. 38: 291-295.
- Kim, Y. K. 2022. A study on the valuation of honey plants by investigating the nectar characteristics. Ph. D. Thesis. Kangwon National University, Kangwon, Korea.
- Larson, T. D., B. L. Johnson and R. A. Henson. 2008. Comparison of stay-green and conventional sunflower desiccation in the Northern Great Plains. Agro. J. 100: 1124-1129.
- Nepi, M., C. Soligo, D. Nocentini, M. Abate, G. Guarnieri, G. Cai, L. Bini, M. Puglia, L. Bianchi and E. Pacini. 2012. Amino acids and protein profile in floral nectar: much more than a simple reward. Flora 207: 475-481.
- Palmer-Young, E. C., R. Malfi, Y. Zhou, B. Joyce, H. Whitehead, J. I. V. Wyk, K. Baylis and K. Grubbs. 2023. Sunflower-Associated Reductions in Varroa Mite Infestation of Honey Bee Colonies. J. Econ. Entomol. 116: 68-77.
- Petanidou, T. 2003. Introducing plants for bee-keeping at any cost? Assessment of *Phacelia tanacetifolia* as nectar source plant under xeric Mediterranean conditions. Plant Syst. Evol. 238: 155-168.
- Pleite, R., D. Rondanini, R. Garcés and E. Martínez-Force. 2008. Day-night variation in fatty acids and lipids biosynthesis in sunflower seeds. Crop Sci. 48: 1952-1957.
- Sackston, W. E. 1992. On a treadmill; breeding sunflower for resistance to disease. Annu. Rev. Phytopathol. 30: 529-551.
- Seiler, G. J., T. J. Gulya and G. Kong. 2010. Oil concentration and fatty acid profile of wild *Helianthus* species from the southeastern United States. J. Ind. Crop 31: 527-533.
- Seo, J. H. 2000. Enrichment of soil nitrogen and reduction of nitrogen fertilizer for corn by soil incorporation of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) as green manure. Ph. D. Thesis. Seoul National University, Seoul, Korea.

- Skoric, D., S. Jovic, Z. Sakac and N. Lecic. 2008. Genetic possibilities for altering sunflower oil quality to obtain novel oils. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 86: 1-7.
- Temme, E. H., R. P. Mensink and G. Hornstra. 1996. Comparison of the effects of diets enriched in lauric, palmitic, or oleic acids serum lipids and lipoproteins in healthy women and men. *Am. J. Clin. Nutr.* 63: 897-903.
- Vick, B. A., C. C. Jan and J. F. Miller. 2007. Registration of sunflower genetic stock RS3 with reduced saturated palmitic and stearic acid. *J. Plant Reg.* 1: 80.
- Wolff, D., T. Witt, A. Jurgens and G. Gottsberger. 2006. Nectar dynamics and reproductive success in *Saponaria officinalis* (Caryophyllaceae) in southern Germany. *Flora* 201: 353-364.
- Zheljazkov, V. D., B. A. Vick, B. S. Baldwin, N. Buehring, T. Astatkie and B. Johnson. 2009. Oil content and saturated fatty acids in sunflower as a function of planting date, nitrogen rate, and hybrid. *Agro. J.* 101: 1003-1011.