



남부권역 유망 밀원수종 동백나무의 밀원가치 평가

김영기, 유희원, 박문수¹, 권해연, 김만조, 나성준*

국립산림과학원 산림특용자원연구과, ¹국립순천대학교 산림자원학과

Evaluation of Honey Production of *Camellia japonica* L.

Young-Ki Kim, Hui-Won Yoo, Moon-Su Park¹, Hae-Yun Kwon, Mahn-Jo Kim and Sung-Joon Na*

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

¹Department of Forest Resources, Suncheon National University, Suncheon 577922, Republic of Korea

Abstract

This study analyzed nectar volume, sugar content and amino acid in floral nectar of *Camellia japonica* to assess their quantitative honey production value. The nectar volume per flower was about 357.1±99.7 μL, of which 93.4% was intensively secreted in the morning. The sugar content per flower in floral nectar was 62.7±20.6 mg, and sucrose proportions accounted for 94.3±5.7%, indicating a sucrose-dominant grade. Total amino acids content in floral nectar contained approximately 21.8±9.3 mg/L (comprised of 22 amino acids). The dominant amino acids were non-essential ones, glutamine (29.0%), glutamic acid (19.8%), while among essential ones, arginine (7.1%) dominated. In particular, essential amino acids contents for honeybees, *Apis mellifera* was 31.9%. In conclusion, The *Camellia japonica* is expected to be used as a food resource for honeybees, considering its flowering period in early spring, abundant nectar secretion, sugar content, and amino acid composition.

Keywords

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

서론

양봉산업은 식물과 화분매개자인 꿀벌의 공생관계를 이용하여 벌꿀, 화분, 프로폴리스 등과 같은 양봉산물을 얻는 것이라 할 수 있다. 우리나라 양봉산업의 연간 생산액은 2017년 기준 약 2,288억원으로 이 중 벌꿀 생산액이 약 1,228억원(53.7%)으로 가장 큰 비중을 차지한다(정민국, 2019). 하지만, 최근 국내 천연꿀 생산량의 약 70%를 차지하는 아까시나무의 생리적 쇠퇴와 면적 감소로 인해 양봉산업이 크게 위축되고 있다. 2010년 4,332억원에 달하던 벌꿀 생산액은 2017년 1,228억원으로 크게 감소하였으며, 아까시나무의 면적은 1980년대 32만 ha에서 현재는 2만1천 ha에 불과하다(산림청, 2018). 한편, 아까시나무 개화시

기의 잦은 강우 및 저온현상으로 인해 2019~2020년의 아까시나무꿀 생산량은 평년 대비 12.9~19.1%로 그 생산량이 급감하였다(Kim *et al.*, 2021).

이러한 상황에서 국내 양봉산업의 발전과 양봉농가의 소득증대를 도모하기 위해 『양봉산업의 육성 및 지원에 관한 법률(이하 양봉산업법)』이 2020년 시행되었다. 해당 법률은 양봉산업의 원천이 되는 밀원식물의 조성 및 보급·관리에 관한 사항을 포함하고 있으며(양봉산업법 제5조), 밀원식물의 범위를 초본 15종, 목본 25종과 그 밖에 양봉산업 육성을 위해 조성할 필요가 있는 종으로 명시하고 있다. 한편, 우리나라에서 밀원식물로 알려진 종은 117~555종으로 다양하게 보고되고 있지만(Kim and Lee, 1989; Ryu and Jang, 2008), 이러한 분류는 꿀벌의 방화만을 관찰한 것으로 각

수종별 정량적 밀원가치는 제시하지 못하였다. 다양한 밀원 수종을 발굴하는 것은 채밀기간 연장에 따른 꿀 생산성 증진뿐만 아니라 질병 저항성 향상과 봉군의 영양학적 측면에 긍정적이다(Alaux *et al.*, 2010; Schmehl *et al.*, 2014). 따라서, 다양한 밀원수종을 발굴하고 개화시기가 다른 수종들을 다양하게 식재하는 것은 외부환경요인의 충격 완화 및 양봉농가 소득 안정성 측면에서 매우 중요하다고 할 수 있다.

동백나무(*Camellia japonica* L.)는 차나무과(Theaceae)에 속하는 상록활엽소교목으로 주로 제주도과 전라도, 경상도 등 온대 남부의 해안 도서지역에 분포한다. 동백나무 꽃은 양성화로 1~4월에 개화하여 잎 겨드랑이 또는 가지 끝에 한 송이씩 달리며, 붉은 꽃이 아름다워 조경수로 주로 식재된다. 민간에서는 꽃, 잎, 열매 및 종자를 토혈, 지혈 등에 이용하였고, 종실에는 고품질 지방이 함유되어 있어 식용유와 화장유의 원료로 사용된다(Korea Biodiversity Information System, 2021). 동백나무는 주로 부위별 추출물의 성분과 약학적 이용에 대하여 연구되었는데, 잎, 가지의 추출물은 염증유발의 주요 인자인 산화질소(nitric oxide) 및 프로스타글란딘(PGE2) 생성을 저해하는 항염증 효과가 있고(Kim *et al.*, 2010), 피부질환을 일으키는 미생물에 대해 우수한 항균효과 및 항산화 활성이 확인됨에 따라 기능성 화장품 또는 식품으로서 활용가치가 있음이 보고되었다(Kim and Han, 2014). 이 밖에도 Sakata *et al.* (1981)은 각 부위 추출물에서 camellin, pipelicolic acid, flavonoid, phenyl propanoid 등 다양한 화합물이 존재함을 보고하였다. 한편 밀원평가에 있어서 동백나무는 주요 밀원수종으로 분류되어 있으며(Jang, 2008), 양봉산업법에 밀원식물로 명기되어 있으나 화밀분비량, 꿀벌방화빈도, 꿀 생산량 등 밀원자원 여부를 평가할 수 있는 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 남부권역 유망 밀원 자원의 발굴을 위해 동백나무의 꿀벌 방화수, 화밀분비패턴, 꽃 하나당 유리당 함량, 본당 꽃 수 등을 조사하여 밀원 가치를 종합적으로 평가하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

1. 조사지역 및 조사목 선정

동백나무의 개화특성 조사는 해당 수종이 30분 이상 생육하고 있는 강진 백련사, 여수 오동도, 장흥 천관산(C1~C3)에서 수행되었으며, 꿀벌방화 특성, 화밀분비 및

생장특성 조사는 국립산림과학원 산림바이오소재연구소(진주 소재) 소관 시험림 중 특수임산자원 생육 모니터링을 위해 1998년 2-1묘를 식재한 22년생 동백나무 집단에서 실시하였다(S1, Fig. 1). 모든 조사는 주변 나무에 의해 피압되지 않고, 병·충해 피해를 받지 않은 건전목을 대상으로 실시하였다.

2. 개화특성 조사

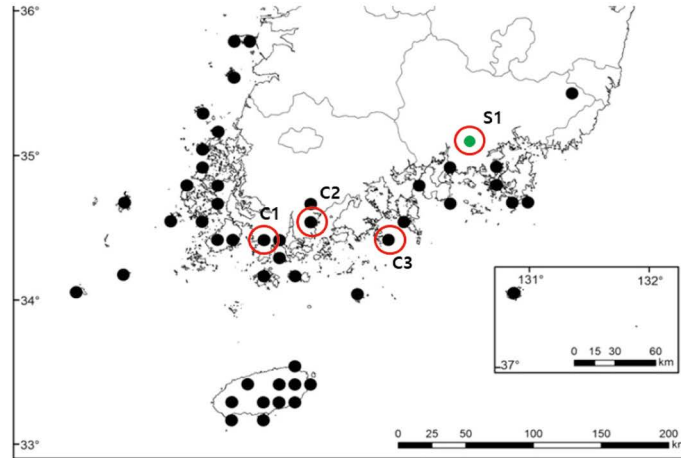
개화시기는 각 지역별로 5본의 조사목을 선정하고, 방위별로 3개의 가지를 선정한 후 전체 꽃 수 대비 개화한 꽃 수를 조사하여 일자별 평균 개화율을 계산하였다. 이후 개화율을 바탕으로 개화시기와 기간을 구하였는데, 누적 개화율 5% 이상을 개화시작기, 누적 개화율 40~80%를 개화최성기, 누적 개화율 95% 이상인 시기를 개화종료기로 구분하였다. 한편, 기상청의 월평균 기온자료를 이용하여 연도 간 개화시기 변이와 기온과의 상관성을 분석하였다.

3. 꿀벌방화 특성 조사

꿀벌방화 빈도 조사는 개화가 40% 이상 이루어진 2021년 3월 9일~11일에 실시하였다. 집단 내에서 조사목 5본을 선정하고, 조사목별 꽃 한송이를 무작위로 선정하여 타임랩스 카메라(MAC200C, Brino, Korea)를 설치해 꿀벌의 방화 특성을 촬영하였다. 타임랩스 카메라의 촬영 설정은 09:00~18:00까지 1초 간격으로 하였으며, 촬영된 사진을 분석하여 하나의 꽃 송이당 꿀벌 방화수, 방화 시간을 측정하였다.

4. 화밀분비 특성 조사

화밀분비 특성 조사는 3월 22일~27일에 동백나무 4본을 대상으로 실시하였으며, 화분매개자에 의한 화밀의 손실을 방지하기 위해 미개화된 꽃봉오리에 미리 차단망(25×35 cm)을 설치하였다. 화밀수집은 차단망 설치 익일 개화된 22개 꽃을 대상으로 개화 시작일부터 종료일까지 실시하였으며, 오전(09:30~11:00), 오후(15:30~17:00)로 1일 2회에 걸쳐 10~100 µL pipette을 이용하여 수행하였다. 수집된 화밀은 100 µL syringe를 이용해 정량하였으며, 휴대용 당도계(GMK-703T, Giwonhitech, Korea)를 이용해 화밀당도를 측정하고 개화시점별 화밀당도의 변화를 조사하였다. 이후 유리당 및 아미노산 함량 분석을 위해 80% 에탄올(v/v) 10배액을 첨가한 후, 0.45 µm centrifugal



Site	Location	Latitude	Longitude	Altitude (m)
C1	Baengnyeonsa, Gangjin-gun	34°35'15.07"	126°44'46.07"	150
C2	Mt. Cheongwan, Jangheung-gun	34°33'07.03"	126°52'45.05"	225
C3	Odong-do, Yeosu-si	34°44'39.06"	127°46'04.07"	44
S1	Geumsan-myeon, Jinju-si	35°12'10.45"	128°09'59.60"	101

Fig. 1. Study sites of *Camellia japonica* for flowering periods in 2018~2020 (C1~C3) and nectar characteristics in 2021 (S1).

filter에 정제하여 냉동 (-20°C) 보관하였다.

5. 유리당 함량 분석

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

6. 유리아미노산 분석

수집된 화밀을 O-phthalaldehyd (OPA)-Fluorenylmethyl chloroformate (FMOC) 유도체화하여 아미노산을 분석하였다. Borate buffer, OPA/Mercaptopropionic acid (MPA), FMOC 시약에 시료를 단계적으로 혼합한 다음, HPLC (1200 series, Agilent Technologies, USA)를 이용하여 분석하였다. 이동상은 10 mM Na_2HPO_4 , 10 mM $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 가 포함된 A용액 (pH 8.2)과 Water : Acetonitrile : Methanol을 10 : 45 : 45 비율로 혼합된 B용액에 대하여 A용액 : B용액으로 초기 100 : 0 (v/v,%)에서 26~28분에

55 : 45, 28~30.5분에 0 : 100, 30.5분부터는 100 : 0으로 구배 조건을 설정하였다. 유속 1.5 mL/min에서 1 mL를 주입하였으며 column 온도는 40°C로 유지하였고, 사용된 컬럼은 Inno column C18 (Innopiatech, Korea)이다. 자외선 검출기는 338 nm로 설정하였고, 형광 검출기를 이용하여 OPA 유도체는 방출 파장 450 nm, 여기 파장 340 nm, FMOC 유도체는 방출 파장 305 nm, 여기 파장 266 nm에서 분석했다.

7. 생장특성 및 꿀 생산량 추정

조사지역 내 동백나무 30분을 대상으로 수고(m), 근원경(cm), 수관 폭(m) 등 생장특성을 조사하였으며, 주지수, 주지당 꽃 수를 이용하여 분당 꽃 수를 추정하였다.

꿀 생산량 추정은 평균 화밀분비량($\mu\text{L}/\text{flower}$), 단위용량당 유리당 함량($\mu\text{g}/\mu\text{L}$), 분당 꽃 수, Petanidou (2003)가 제시한 honey potential을 이용하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{Honey production (g/tree)} \\ &= \text{secreted nectar volume } (\mu\text{L}) \times \text{Free sugar content } (\mu\text{g}/\mu\text{L}) \\ &\quad \times \text{number of flowering} \times \text{honey potential}^* (1.15) \\ &^* \text{honey potential} = \text{sugar content} : \text{honey} = 85 : 100 \end{aligned}$$

또한, 조사목의 평균 수관 폭을 고려하여 ha당 생육가능 본수를 산출해 ha당 꿀 생산량(kg/tree)을 추정하였다.

8. 통계분석

조사된 자료는 SPSS program (Statistical Package for Social Science, ver. 18)을 이용하여 분석하였다. 시간대별 꿀벌 방화 수와 온도 간 상관관계는 Spearman 상관분석을 이용했으며, 시점별 화밀분비량, 조사목 간 화밀분비량 및 유리당 함량을 비교하기 위해 분산분석(One-way ANOVA test)를 실시하고, 유의성이 인정되는 경우 Tukey의 다중검정을 실시하였다. 또한, 오전과 오후에 분비되는 화밀량은 t-test를 이용해 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 개화 특성

동백나무 자생지 3집단(C1~C3)에서 2018년부터 2020년까지 3년간 개화시기 및 온도 데이터를 조사한 결과를 각각 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 2018년 동백나무의 개화기간은 평균 3월 6일부터 4월 17일까지로 약 42일이었고, 개화최성기는 3월 16일부터 4월 6일로 조사되었다. 한편, 2020년도에는 평균 2월 21일부터 4월 16일까지 약 54일간 개화하였으며, 개화최성기는 3월 6일부터 4월 3일로 조사되어 차이를 나타냈다. 2018년 대비 2020년의 개화기간 차이를 살펴보면, 개화시작일은 14일, 개화최

성기는 약 10일 앞당겨졌으며, 개화일수는 14일이 늘어났다. 이러한 결과는 2018년 대비 2020년의 1, 2월의 평균기온이 3.4~4.5°C 높아짐으로 인해 나무의 생육이 빨리 시작되어 개화시작이 빨라진 것으로 생각된다(Table 2). 식물의 개화는 온도, 일장, 습도 등 다양한 환경요인에 영향을 받으나, 그중에서도 온도의 영향이 가장 크다는 연구가 지속적으로 밝혀지고 있다(Menzel and Fabian, 1999; Schwartz and Reiter, 2000). Lee (2011)는 1960년~2007년의 기상자료를 이용하여 개화시기 변동을 분석한 결과, 겨울철 평균기온이 1°C 상승할 때마다 개화시기가 약 3.3~5.4일이 빨라진다고 하였다. 이를 바탕으로 본 연구에서 나타난 동백나무 개화시기의 변동은 겨울철 높은 기온에 기인한 것으로 판단된다.

꿀벌의 먹이활동에 적합한 온도는 일반적으로 10~40°C이며(Abou-Shaara, 2014), 평균 6.57°C에서 꿀벌의 방화가 시작되어 20°C에서 가장 왕성한 활동을 보인다고 보고된 바 있다(Tan *et al.*, 2012). 또한, Woyke *et al.* (2003)은 10°C에서 꿀벌 먹이활동이 시작되는데, 12°C에 달하면 10°C보다 약 10배 왕성한 활동을 한다고 보고하였다. 본 연구에서 동백나무 꽃이 만개하는 시기인 3월~4월의 일 최고온도가 18.1°C에 달하며, 일 평균온도 10°C 이상인 날이 20일 이상 되는 점을 고려할 때 동백나무는 우리나라 남부 지방에서 이른 봄철 꿀벌의 먹이자원으로 충분히 이용 가능한 것으로 보인다.

Table 1. The flowering period of at three study sites in 2018~2020

Year	Site	Flowering			
		Start	Full blooming date	End	Blooming period
2018	C1	3/05	3/14~4/06	4/13	40
	C2	3/10	3/21~4/13	4/18	39
	C3	3/05	3/15~4/06	4/20	47
	Overall	3/06	3/16~4/06	4/17	42.0 ± 4.4
2019	C1	2/23	3/22~4/13	4/20	57
	C2	2/25	3/25~4/13	4/29	64
	C3	2/22	3/22~4/04	4/20	58
	Overall	2/23	3/23~4/10	4/23	59.3 ± 4.0
2020	C1	2/22	3/06~3/30	4/09	48
	C2	2/25	3/12~4/03	4/19	54
	C3	2/18	3/02~4/03	4/18	69
	Overall	2/21	3/06~4/03	4/16	56.7 ± 3.1

The Site name are listed in Fig. 1.

Table 2. Mean temperature (min~max) of *Camellia japonica* study site in 2018~2020

Year	Site	Temperature (°C)				days < 10°C
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
2018	C1	0.0 (-7.4~5.6)	1.6 (-5.6~7.9)	8.6 (2.5~16.2)	13.7 (5.3~17.8)	22
	C2	-0.3 (-7.9~5.4)	1.3 (-6.3~7.7)	8.6 (2.5~16.5)	13.5 (4.5~17.5)	22
	C3	1.4 (-6.7~7.7)	3.1 (-5.5~8.9)	9.4 (2.9~14.9)	14.2 (5.7~17.8)	31
	Mean	0.4	2.0	8.9	13.8	25.0
2019	C1	2.3 (-1.0~4.8)	3.8 (-0.5~8.1)	8.1 (4.2~13.3)	12.2 (6.7~18.1)	28
	C2	2.1 (-0.7~5.0)	3.9 (-0.3~8.5)	8.1 (4.5~13.3)	12.3 (6.6~18.1)	20
	C3	3.7 (-0.5~6.7)	5.5 (0.5~10.2)	9.8 (6.0~13.8)	13.0 (8.2~17.6)	31
	Mean	2.7	4.4	8.7	12.5	26.3
2020	C1	4.7 (0.7~13.4)	5.1 (-1.4~11.9)	8.4 (3.6~14.6)	11.0 (7.6~16.2)	12
	C2	4.3 (0.1~13.8)	4.7 (-1.6~12.7)	8.1 (3.5~15.0)	12.3 (7.3~15.2)	15
	C3	5.8 (1.2~12.5)	6.4 (-0.6~12.1)	9.9 (5.0~14.4)	12.5 (9.0~16.6)	35
	Mean	4.9	5.4	8.8	11.9	20.7

Data showed mean of monthly temperature (min~max). The site name are listed in Fig. 1.

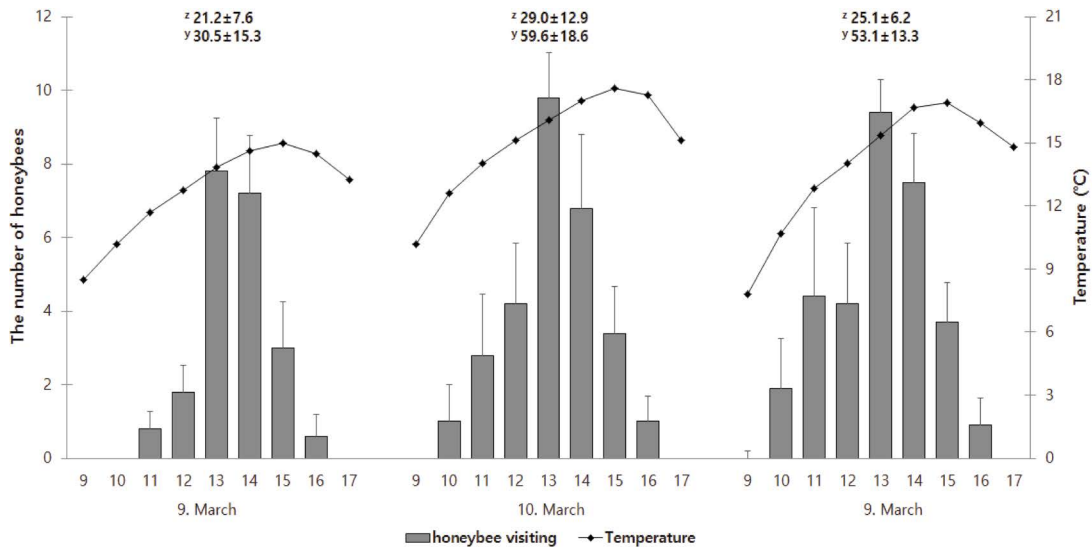


Fig. 2. Characteristics of honeybee visits and temperature by measurement time. Bar graph represent the mean ± SE (n = 5 flower). ^zNumber of honeybees/flower/hr. ^yVisiting time/flower (sec), Measurement time: 9 (09:00~10:00)~17 (17:00~18:00).

2. 꿀벌방화 특성

타임랩스 카메라를 이용하여 5개 꽃에서 일자별 평균 꿀벌 방화 수를 조사한 값은 Fig. 2와 같다. 꿀벌 방화는 3일 모두 09:00~10:00 사이에는 방화하지 않았고, 13:00~14:00에 가장 활발했으며, 14:00 이후로는 점차 감소하는 경향을 보였다. 한편, 꿀벌은 외부온도에 민감하게 반응하여 먹이활동 등 방화수에 영향을 받는다고 보고

되었으나(Abou-Shaara, 2014), 본 연구에서는 하루 동안의 꿀벌방화 패턴과 기온 간의 유의미한 상관관계는 나타나지 않았다($p > 0.05$). 꿀벌의 방화는 온도 이외에도 풍속, 습도, 광도 등 기후환경에 영향을 받으며, 꽃의 개화단계, 개화량 및 개화시점 등 생물적 요소에 따라서도 차이를 나타낸다(Szabo, 1980; Kirk *et al.*, 1995; Mattu *et al.*, 2012). 뿐만 아니라, 화밀 특성과 관련하여 화밀분비량과 유리당 함량은 꿀벌 방화와 정의 상관을 나타낸다고 보고되

었다(Pedersen, 1953; Kropacova and Haslbachova, 1970; Widrlechner and Senechal, 2015). 결론적으로, 3월 이후 일일 평균기온이 상승함에 따라 동백나무에서 꿀벌 방화가 관찰되는데, 시간대별 꿀벌 방화수와 온도와의 상관관계는 성립하지 않았으며, 이는 온도 이외의 환경요인이나 개화 및 화밀특성이 관여한 것으로 판단된다.

동백나무의 꽃 하나당 하루 동안의 꿀벌 방화수는 일자별로 평균 21.2~29.0마리로 조사되었고, 꿀벌 방화시간은 최소 30.5~59.6초의 범위를 나타냈다. 1일 평균 꿀벌 방화 수는 아까시나무 화서당 372마리, 피나무류 화서당 290~488마리, 광나무 개화지당 220마리, 때죽나무 개화지당 160마리와 비교할 때 다소 적었다(Han *et al.*, 2009; Han *et al.*, 2010; Kim *et al.*, 2014a; Kim *et al.*, 2015). 그러나, 각 수종별로 개화지당 꽃 수, 화서당 꽃 수, 꽃의 구조 등 형태적 특성이 다르고, 조사지역 간 지리적 여건(봉군의 유무 및 꿀벌밀도), 개화시기, 기후요인 등이 따라 달라지기 때문에 수종 간 직접적인 비교는 어렵다. 본 연구는 주로 동박새, 직박구리에 의한 조매화 수종으로 알려진 동백나무에서 이른 봄철 꿀벌의 방화가 관찰되어 먹이자원으로 이용 가능하다는 점을 확인했다는 데 의의가 있다.

3. 화밀분비 특성

동백나무의 개화는 꽃잎이 일부 열려 수술의 관찰이 가능한 단계(stage 1), 꽃잎이 완전히 열려 화분이 분출되는 단계(stage 2), 꽃잎이 변색되며 탈락하는 단계(stage 3)로 구분할 수 있다(Fig. 3). 화밀의 분비는 개화 1단계부터 이루어졌으며, 개화 3단계까지 약 5일이 소요됐으나 화밀은 개화 직후 3.5일 동안만 분비되었다(Fig. 4). 동백나무의 꽃 하나당 화밀분비량은 평균 $357.1 \pm 99.7 \mu\text{L}$ 를 나타냈

는데, 시점별 화밀분비량은 $3.6 \sim 118.5 \mu\text{L}$ 범위를 나타내어 명확한 차이를 나타냈다($F_{(6, 147)} = 25.145, p = 0.000$). 특히, 오전에 전체 화밀량의 $93.4 \pm 6.2\%$ ($331.7 \pm 88.2 \mu\text{L}$)가 분비됐으며, 오후는 전체 화밀량의 $6.6 \pm 6.4\%$ ($25.5 \pm 24.6 \mu\text{L}$)만 분비되어 동백나무의 화밀분비는 주로 오전에 이루어짐을 확인할 수 있었다($t = 41.752, p = 0.000$). 한편, 화밀당도는 $19.2 \sim 21.4$ Brix로 화밀분비량과 상관없이 비교적 일정하게 유지되었다($r = -0.500, p = 0.253$).

동백나무 꽃 22송이로부터 조사된 총 화밀분비량은 $174 \sim 611 \mu\text{L}$ 로 변이가 매우 크게 나타났으나, 빈도분석을 실시한 결과 $300 \sim 400 \mu\text{L}$ 범위에 가장 많이 분포하고 있었으며, 정규분포를 따르는 것으로 조사되었다($p = 0.405$, Fig. 5). 한편, 조사목 간 일자별 화밀분비량 비교를 위해 One-way ANOVA 분석을 실시한 결과 개화 2일차에서는 다소 차이가 있는 것으로 조사되었으나, 전체 화밀분비량은 차이가 없었다(Table 3). 이러한 결과는 시점별 또는 일자별 화밀분비량은 변이가 크게 나타났음에도 불구하고, 꽃 하나에서 분비되는 총 화밀량은 차이가 없다는 것을 의미한다.

우리나라 주요 밀원수종의 화밀분비량이 아까시나무 $2.2 \mu\text{L}/\text{flower}$, 밤나무 평균 $26.8 \mu\text{L}/\text{catkin}$, 헛개나무 $4.2 \mu\text{L}/\text{flower}$ 임을 고려하면 동백꽃의 화밀분비량은 매우 높음을 알 수 있다(Han *et al.*, 2008; Han *et al.*, 2010; Kim *et al.*, 2017).

4. 유리당 함량 분석

화밀분비량, 화밀당도를 비롯하여 화밀 내 유리당 구성은 화분 매개곤충의 유인에 영향을 미치는 요소로 알려져 있다(Baker and Baker, 1983; Cnaani *et al.*, 2006). 동백꽃의 화밀을 수집하고, HPLC를 이용하여 화밀 내 유리당 함



Fig. 3. Developmental stages of flower. Stage 1: some petals are opened to allow the observation of stamen, Stage 2: petals are fully opened and the blow away the pollen, Stage 3: petals are discolored and faded.

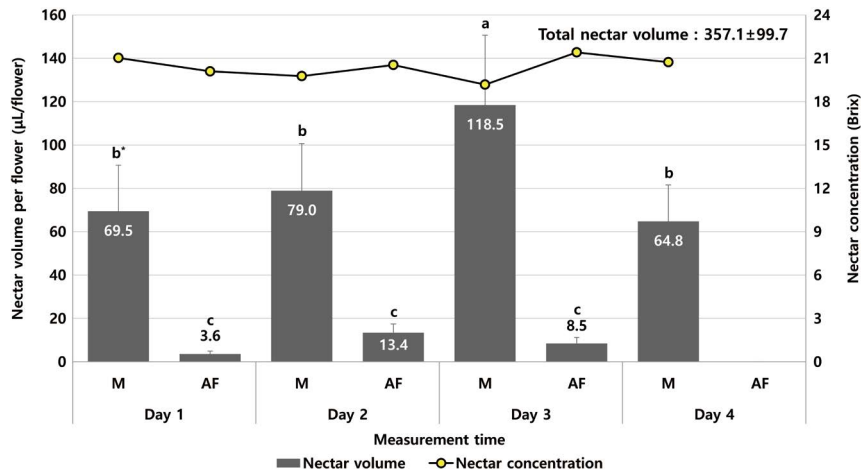


Fig. 4. The nectar secretion pattern and concentration of by measurement time (n = 22). Bars indicate standard deviation. *One-way ANOVA test with Tukey's multiple comparison test ($p < 0.05$). M: Morning (9:30~11:00), AF: Afternoon (15:30~17:00).

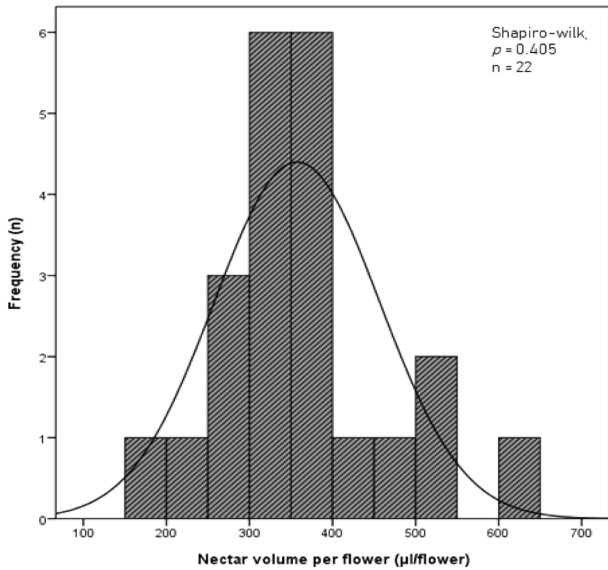


Fig. 5. Analysis of the frequency of total nectar volume of *Camellia japonica*.

량을 분석한 결과는 Table 4와 같다.

동백나무 화밀의 단위용량당 유리당 함량은 평균 $166.6 \pm 19.5 \mu\text{g}/\mu\text{L}$ 로 공시목 간 유의미한 차이는 없었고, 다만 전체 화밀 중 유리당이 약 15~18% 정도 함유되어 있음을 알 수 있었다.

꽃 하나당 화밀분비량 ($\mu\text{L}/\text{flower}$)과 단위용량당 유리당 함량 ($\mu\text{g}/\mu\text{L}$)을 이용하여 꽃 하나당 유리당 함량 (mg/flower)을 산출한 결과 평균 $62.7 \pm 20.6 \text{ mg}$ 으로 나타났으며, 조사목 간 유의한 차이는 나타나지 않았다 ($p = 0.528$). 우리나라 주요 밀원수종의 꽃 하나당 유리당 함량은 아까

시나무 $0.86 \text{ mg}/\text{flower}$, 이나무 (♂) $1.7 \text{ mg}/\text{flower}$, 쉬나무 (♂) $0.48 \text{ mg}/\text{flower}$, 밤나무 $0.49 \sim 1.40 \text{ mg}/\text{flower}$ 임을 고려할 때 동백나무 꽃 하나당 유리당 함량은 매우 높은 것으로 나타났다 (Kim *et al.*, 2014b; Kim *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2021).

유리당 구성 중 sucrose/hexose 비율은 화분매개자 유인에 영향을 미치는 요소이다. 동백나무 화밀은 sucrose 함량이 $94.3 \pm 5.7\%$ 로 매우 높게 나타난 반면, hexose (glucose + fructose)의 함량은 $5.8 \pm 5.7\%$ 에 불과했다. Baker and Baker (1982)는 S/H ratio에 따라 sucrose-dominant (ratio > 1.0), sucros-rich (0.5~1.0), hexose-rich (0.1~0.5), hexose-dominant (ratio < 0.1) 등 4개 등급으로 구분한 바 있는데, 동백나무의 S/H ratio 값은 1 이상이므로 sucrose-dominant 등급에 속했다. 일반적으로, sucrose 함량이 높은 화밀은 꿀벌을 포함한 긴 혀를 가지는 화분매개자 (long-tongue pollinator)들이 선호하는 반면, hexose 함량이 높은 화밀은 파리 등 짧은 혀를 가지는 화분매개자 (short-tongue pollinator)들이 선호하는 것을 볼 때 (Baker and Baker, 1983), 동백나무는 양봉산업의 생산자에 해당하는 꿀벌이 선호하는 유리당 구성을 가지는 것으로 판단된다.

5. 아미노산 함량

아미노산은 화밀의 맛을 결정하는 요소로서 화분매개자의 방문을 결정하는 중요한 역할을 한다 (Pacini and Nepi, 2007). 동백나무 화밀에는 총 22종의 아미노산이 $21.8 \pm 9.3 \text{ mg/L}$ 함유되어 있었으며, 함량비는 glutamine (29.0%),

Table 3. Comparison of nectar volume among the individuals

Individuals	Nectar volume (μL/flower)				
	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Total
T1 (n = 5)	111.3 (40~250)	170.8^{a,*} (52~310)	154.3 (120~212)	48.7 (0~144)	444.8 (320~611)
T2 (n = 6)	62.3 (15~95)	69.9^b (34~120)	96.6 (0~146)	74.9 (0~166)	303.6 (174~437)
T3 (n = 5)	77.5 (20~110)	58.5^b (38~75)	132.5 (40~220)	92.5 (0~226)	361.0 (269~504)
T4 (n = 6)	73.8 (14~140)	81.3^b (35~114)	137.5 (100~176)	51.3 (0~120)	344.0 (279~451)
Mean	80.7	97.2	128.6	65.0	357.1
F _(3, 18)	0.887	5.476	1.369	0.503	2.395
p-value	0.466	0.007	0.282	0.684	0.102

Data represent the mean (min~max). *One-way ANOVA test with Tukey's multiple comparison test ($p < 0.05$). T1~T4: The name of individuals.

Table 4. Comparison of free sugar content, nectar sugar content and nectar composition in floral nectar among the individuals of *Camellia japonica*

Individuals	Free sugar content (μg/μL)	Nectar sugar content ¹ (mg/flower)	Sucrose (%)	Hexose (%)	S/H ratio
T1 (n = 5)	155.2 ± 17.2	68.1 ± 16.1	94.4 ± 5.7	5.6 ± 5.7	11.0
T2 (n = 6)	180.2 ± 26.0	66.0 ± 14.9	94.0 ± 4.6	6.0 ± 4.6	12.9
T3 (n = 5)	177.0 ± 2.0	67.8 ± 14.3	96.6 ± 7.0	3.4 ± 7.0	7.0
T4 (n = 6)	156.9 ± 35.9	50.3 ± 5.5	92.4 ± 5.7	7.6 ± 5.7	10.5
Mean	166.6 ± 19.5	62.7 ± 20.6	94.3 ± 5.7	5.8 ± 5.7	
F _(3, 18)	2.141	0.783	1.314	1.314	
*p-value	0.153	0.528	0.278	0.278	

Data represent the mean ± SD. *One-way ANOVA test with Tukey's multiple comparison test ($p < 0.05$). ¹multiply secreted nectar volume (μL/flower) and free sugar content per unit volume (μg/μL). T1~T4: The name of individuals.

glutamic acid (19.8%), arginine (7.1%) 순으로 나타났다 (Fig. 6). de Groot (1953)은 꿀벌 체내에서 합성하거나 다른 아미노산으로부터 전환될 수 없어 반드시 화밀과 화분으로부터 섭취해야 하는 꿀벌의 10가지 필수 아미노산에 대해 보고하였는데, 전체 아미노산 함량 중 필수 아미노산이 각각 1~4% 정도 필요하다고 하였다. Hendriksma *et al.* (2014)은 꿀벌은 일반적으로 비필수 아미노산보다 필수 아미노산을 선호하는 경향이 있으며, 1 unit의 아미노산을 수집하기 위해 84 unit의 유리당을 포기하는 경우도 있다고 보고하였다. 이와 관련하여 동백나무 화밀에는 필수 아미노산 10종이 모두 함유되어 있으며, 전체 아미노산 구성 중 31.9%를 차지하였다. 이를 종합적으로 고려할 때, 2~3

월 월동에서 깨어난 꿀벌이 활력을 되찾는 과정에서 필요한 필수 아미노산과 당분을 제공한다는 점에서 동백나무는 매우 유용한 밀원수종으로 판단된다.

6. 생장특성 및 꿀 생산량 추정

조사집단 내 동백나무 30본을 대상으로 생장특성을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 동백나무의 평균 수고는 4.6 ± 0.7 m, 흉고직경은 11.1 ± 1.8 cm, 수관폭은 3.0 ± 0.4 m였으며, 2 cm 이상 주지 수는 16.4 ± 4.0개, 주지당 꽃 수는 29.6 ± 9.0개로 본당 꽃 수는 475 ± 274개였다.

본 연구에서 조사된 꽃 하나당 유리당 함량(62.7 mg)과 본당 꽃 수(475개)를 이용하여 동백나무의 본당 꿀 생산량

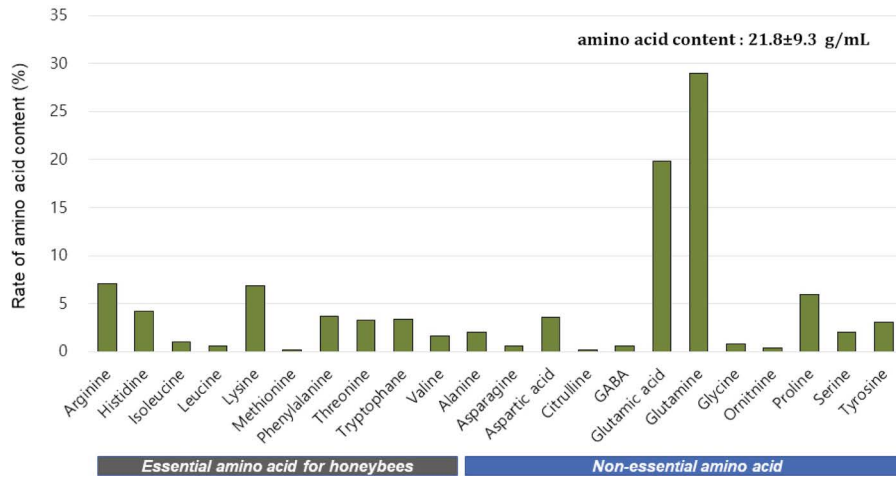


Fig. 6. The composition of amino acid in floral nectar of *Camellia japonica*. GABA: Gamma-aminobutyric acid.

Table 5. Results of survey on the growth and flower characteristics of *Camellia japonica* individuals

Height (m)	DBH (cm)	CD (m)	NB	NFB	NFT
4.6 ± 0.7	11.1 ± 1.8	3.0 ± 0.4	16.4 ± 4.0	29.6 ± 9.0	475 ± 274

DBH: Diameter at breast height (cm), CD: Crown diameter (m), NB: Number of first branch, NFB: Number of flower per branch, NFT: Number of flower per tree (ea).

(g/tree)을 산출한 결과, 약 34.3 g으로 나타났다. 또한, 동백나무 수관 폭을 고려하여 ha당 1,100본(3 × 3 m)을 식재한다고 가정할 경우 약 37.7 kg/ha의 꿀 생산이 가능할 것으로 추정된다.

대표적 밀원수인 아까시나무의 꽃 하나당 유리당 함량은 0.86 mg, 본당 꿀 생산량은 525 g으로 보고된 선행연구(Kim et al., 2021)와 본 연구를 비교하면 동백나무가 꽃 하나당 유리당 함량(62.7 mg)은 더 높았으나 본당 꿀 생산량(34.3 g)은 낮았는데, 이는 동백나무 본당 꽃 수(약 475개)가 아까시나무(약 53만 개) 대비하여 현저히 적기 때문인 것으로 판단된다. 따라서, 수종별 꿀 생산량은 화밀분비량 및 유리당 함량뿐만 아니라 개화량을 종합적으로 고려해야 할 것으로 보인다. 다만, 수종별 개화량은 나무의 연령과 식재밀도, 생육환경, 기후 등 여러 요인에 의해 달라지기 때문에 보다 많은 지역에서 연도 간 반복을 둔 장기적인 조사가 필요하다. 또한, 아까시나무의 꿀 생산량을 추정된 선행연구는 조사구 내 개체의 수령이나 생육특성에 대한 정보 부족으로 ha당 꿀 생산량을 정밀하게 산출하기 어려워 본 연구결과와 직접적인 꿀 생산성 비교는 어려울 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 남부권역 자생수종인 동백나무를 대상으로 정량적인 밀원가치를 평가하기 위해 화밀분비량, 유리당 및 아미노산 함량을 분석하였다. 꽃 하나에서 분비된 총 화밀분비량은 약 357.1 ± 99.7 μL로 조사되었으며, 화밀분비패턴을 조사한 결과 오전 93.4%, 오후 6.6%로 오전에 집중적으로 분비되었다. 화밀 내 유리당 함량은 62.7 mg/flower로 조사되었으며, 유리당 구성은 sucrose 비율이 약 94.3%를 차지하여 sucrose-dominant 등급을 나타냈다. 동백나무 화밀 내 아미노산은 총 22종, 21.8 ± 9.3 mg/L이 함유되어 있었으며, glutamine (29.0%), glutamic acid (19.8%), Arginine (7.1%) 순으로 높게 나타났다. 특히, 꿀벌의 필수 아미노산 10종이 전체 아미노산의 31.9%로 상대적으로 높은 함량을 나타냈다. 동백나무는 우리나라 남부권역에 널리 자생하는 수종으로 이른 초봄에 개화하는 특성과 풍부한 화밀분비량, 유리당 함량 및 아미노산 구성 등을 고려할 때 꿀벌의 중요한 먹이자원이자 보조 밀원자원으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

인용문헌

- 산림청. 2018. 임업통계연보(제48호). p164.
- 정민국, 허덕, 이용건, 이정민, 김태련. 2019. 양봉산업 실태조사연구. 한국농촌경제연구원 수탁연구보고 C2019-44. p.150.
- Abou-Shaara, H. F. 2014. The foraging behaviour of honey bees, *Apis mellifera*: a review. *Vet. Med.* 59(1): 1-10.
- Alaux, C, F. Ducloz, D. Crauser and Y. L. Conte. 2010. Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biol. Lett.* 6(4): 562-565.
- Baker, H. G. and I. Baker. 1982. Chemical constituents of nectar in relation to pollination mechanism and phylogeny. pp. 131-171. nNitecki, M.,(Ed.): *Biochemical aspects of evolutionary biology*. 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 : C.E. Jones & R.J. Little (Eds.), *Handbook of experimental pollination biology*. Van Nostrand Reinhold. New York. USA.
- 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(3): 278-285.
- de Groot, A. P. 1953. Protein and amino acid requirements of the honeybee *Apis mellifera*. *Physiol. Comp. Oecol.* 3: 195-285.
- Han, J. and S. H. Kim. 2008. Flowering and nectar secretion characteristics of honey plant, *Hovenia dulcis* var. *coreana* Nakai. *J. Apic.* 23(3): 199-205.
- Han, J., M. S. Kang, S. H. Kim, G. Y. Lee and E. S. Baik. 2009. Flowering, honeybee visiting and nectar secretion characteristics of *Robinia pseudoacacia* L. in Suwon, Gyeonggi Province. *J. Apic.* 24(3): 147-152.
- Han, J., S. H. Kim, M. S. Kang, C. S. Kim and E. S. Baik. 2010. Flowering and nectar secretion characteristics of *Tilia amurensis* Rupr. and *Tilia manshurica* Rupr. et Max. *J. Apic.* 25(3): 217-221.
- Hendriksma, H. P., K. L. Oxman and S. Shafir. 2014. Amino acid and carbohydrate tradeoffs by honey bee nectar foragers and their implications for plant-pollinator interactions. *J. Insect Physiol.* 69(2014): 56-64.
- Jang, J. W. 2008. A Study on honey plants in Korea (The kind of honey plants in Korea and Around a former Scanning electron microscope form structure of the pollen). Department of Natural Resources, Ph.D Diss, Daegu University. p. 134.
- Kim, J. H., C. H. Jeong and K. H. Shim. 2010. Antioxidant and anticancer activities of various solvent fractions from the leaf of *Camellia japonica* L. *Korean J. Food Preserv.* 17(2): 267-274.
- Kim, K. M., M. Y. Lee, Y. S. Choi, E. J. Kang, H. G. Park, B. S. Park, O. Frunze, J. Kim, S. M. Han, S. O. Woo, S. G. Kim, H. Y. Kim, S. K. Kim and D. Kim. 2021. Status and Environmental Factors of the annual production of acacia honey from the Flase Acacia (*Robinia pseudoacacia*) in South Korea. *J. Apic.* 36(1): 11-16.
- Kim, M. S., S. H. Kim, J. H. Song, H. Kim and D. S. Oh. 2014a. Honeybee visit and secreted nectar characteristics on flowers of *Ligustrum japonicum* Thunb. *J. Apic.* 29(4): 279-285.
- Kim, M. S., S. H. Kim, J. H. Song and H. S. Kim. 2014b. Analysis of secreted nectar volume, sugar and amino acid content in male and female flower of *Evodia daniellii* Hemsl. *J. Korean For. Soc.* 103(1): 43-50.
- Kim, M. S., S. H. Kim, J. H. Song, H. Y. Kwon, H. Kim and Y. S. Choi. 2015. Honeybee visiting and floral nectar characteristics of *Styrax japonicus* Sieb. & Zucc. *J. Apiculture* 30(1): 13-20.
- Kim, S. H., A. Lee, H. Y. Kwon, W. Lee and M. S. Kim. 2017. Analysis of flowering and nectar characteristics of major four chestnut cultivars (*Castanea* spp.). *J. Apic.* 32(3): 237-246.
- Kim, T. W. and Y. M. Lee. 1989. The state and propagation plans of honey plants in Korea. *J. Apic.* 4(1): 9-18.
- Kim, Y. K., J. H. Song, M. S. Park and M. S. Kim. 2020. Analysis of nectar characteristics of *Idesia polycarpa*. *J. Korean Soc. For. Sci.* 109(4): 512-520.
- Kim, Y. K., M. S. Kim, J. I. Nam, J. H. Song and S. H. Kim. 2021. Analysis on floral nectar characteristics among the selected black locust (*Robinia* spp.) individuals. *J. Apic. Res.* DOI: 10.1080/00218839.2021.1891743.
- Kim, Y. R. and J. S. Han. 2014. Antimicrobial effects of *Camellia japonica* leaf extract on skin disease-related microorganisms and its antioxidative activity. *J. Invest. Cosmetol.* 10(1): 13-19.
- Kirk, W. D. J., M. Ali and K. N. Breadmore. 1995. The effects of pollen beetles on the foraging behaviour of honeybees. *J. Apic. Res.* 34: 15-22.
- Korea Biodiversity Information System. 2021. <http://www.nature.go.kr/ekbi/SubIndex.do>.
- Kropacova, S. and A. Haslbachova. 1970. A study of the honeybee work (*Apis mellifera* L.) on sainfoin plants (*Onobrychis viciaefolia* s. *sativa* Thell). *Sb. Vysoke sk. Zemed. Iesn. Brne.* 18(1): 71-82.
- Lee, K. 2011. A comprehensive study on plant phenology and climate in South Korea. Ph. D thesis. Department of Geography. PhD Diss. Konkuk University. pp. 155.
- Mattu, V. K., H. Raj and M. L. Thakur. 2012. Foraging behavior of honeybees on apple crop and its variation with altitude in Shimla hills of western Himalaya. *Int. J. Sci. Nat.* 3: 296-301.
- Menzel, A. and P. Fabian. 1999. Growing season extended in Europe, *Nature* 397: 659-663.
- Pacini, E. and M. Nepi. 2007. Nectar production and presentation. In *Nectaries and nectar*. pp. 167-214. Springer: Dordrecht, The Netherlands.

- Pedersen, M. W. 1953. Seed production in alfalfa as related to nectar production and honeybee visitation. *Bot. Gaz.* 155: 129-138.
- 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.
- Ryu, J. and J. Jang. 2008. Newly found honeyplants in Korea. *J. Apic.* 23(3): 221-228.
- Sakata, Y., S. Nagayoshi and K. I. Arisumi. 1981. Studies on the flower colours in the *Camellia*. *Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ.* 17: 79-94.
- Schmehl, D. R., P. E. A. Teal, J. L. Frazier and C. M. Grozing-er. 2014. Genomic analysis of the interaction between pesticide exposure and nutrition in honey bees (*Apis mellifera*). *J. Insect Physiol.* 71: 177-190.
- Schwartz, M. D. and B. E. Reiter. 2000. Changes in North American spring. *Int. J. Climatol.* 20(8): 929-932.
- Strauss, S. Y. and P. Murch. 2004. Towards an understanding of the mechanisms of tolerance: compensating for herbivore damage by enhancing a mutualism. *Ecol. Entomol.* 29(2): 234-239.
- Szabo, T. I. 1980. Effect of weather factors on honeybee flight activity and colony weight gain. *J. Apic. Res.* 19(3): 164-171.
- Tan, K., S. Yang, Z. Wang, S. E. Radloff and B. P. Oldroyd. 2012. Differences in foraging and broodnest temperature in the honey bees *Apis cerana* and *A. mellifera*. *Apidologie* 43: 618-623.
- Woyke, J., J. Wilde and M. Wilde. 2003. Flight activity reaction to temperature changes in *Apis dorsata*, *Apis laboriosa* and *Apis mellifera*. *J. Apic. Sci.* 47(2): 73-80.
- Widrechner, M. P. and N. P. Senechal. 2015. Relationships between nectar production and honey bee preference. *Bee World* 73(3): 119-127.