



## 명자나무의 꿀벌 방화와 밀원가치 평가

김영기, 유희원, 권해연, 나성준\*

국립산림과학원 산림특용자원연구과

## Honeybee Foraging Activity and Evaluation of Honey Value from *Chaenomeles speciosa* (sweet) Nakai

Young-Ki Kim, Hui-Won Yoo, Hae-Yun Kwon and Sung-Joon Na\*

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

### Abstract

This study estimated the honeybee visit, nectar volume, sugars content, and honey production of *Chaenomeles speciosa* to evaluate their honey value. The number of honeybee visiting fifteen flower was about  $125.4 \pm 50.9$  per day. In addition, the nectar volume per flower was about  $19.8 \pm 10.8 \mu\text{L}$ , which was secreted in the afternoon more than in the morning. The nectar sugar content was  $5.0 \pm 1.3 \text{ mg/flower}$ , and the honey production was estimated to be  $49.8 \text{ g/tree}$  using 8,669 flowers per tree. Also, it was estimated that  $31.1 \text{ kg/ha}$  of honey could be produced from 625 trees ( $4 \times 4 \text{ m}$ ) planted in one hectare. *Chaenomeles speciosa* is considered valuable as a ornamental-honey plant, given the number of honeybees visit, abundant nectar volume, and sugar content per flower.

### Keywords

*Chaenomeles speciosa*, Honeybee visitation, Honey production, Nectar secretion, Sugar content

## 서론

화밀 (nectar)은 꿀벌을 비롯한 화분매개자들의 먹이 자원으로서 생존과 번식에 필요한 에너지를 제공하는데 (Vaudo *et al.*, 2015), 화밀에는 당 성분이 가장 많이 포함되어 있고 그 외에 아미노산, 미네랄, 2차 대사산물이 일부 포함되어 있다 (Adler, 2000; Nepi, 2012; Afik *et al.*, 2014). 화밀에 관한 초기연구는 주로 식물이 화분매개자를 유인하는 메커니즘을 이해하기 위한 노력으로부터 시작되었으며 (Chittka and Schurkens, 2001), 화분매개자의 종류와 선호도는 화밀분비량, 유리당 함량 및 구성에 큰 영향을 받는다 (Baker and Baker, 1983; Bruneau, 1997). 따라서, 수종별로 화밀분비량, 유리당 함량 및 구성을 분석하여 화분매개자와의 관계를 밝히기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다 (Galletto and Bernardello, 2004; Adgaba

*et al.*, 2017). 특히, 화밀 내 당 함량은 식물과 화분매개자와의 상호관계를 이해하는 연구적 측면과 더불어, 양봉산업의 관점에서는 꿀 생산량에 기인하는 요소이기 때문에 밀원식물의 가치를 평가하는 연구에 있어 당 분석은 필수적으로 수행되어야 한다 (Kim *et al.*, 2017a).

국내에서는 Chung and Kim (1984)이 최초로 피나무속 수종을 대상으로 micro-capillary tube를 이용하여 화밀분비량을 측정하였으며, 2000년대에는 헛개나무, 아까시나무, 쉬나무 등 주요 밀원수종을 대상으로 개화특성, 꿀벌 방화와 화밀분비 및 화밀 당량에 관한 연구가 수행되고 있다 (Han *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2014b; Kim *et al.*, 2021). 한편, 국내 밀원연구는 최 (1973)가 주요 밀원식물과 보조 밀원식물로 구분하여 다양한 밀원수종을 소개한 이래로, 연구자에 따라 약 117종에서 555종에 이르는 다양한 밀원식물이 보고되었다. 그러나 대부분 꿀벌의 방화만을

관찰한 것으로 각 수종별 정량적인 밀원가치는 제시하지 않았다(Ryu and Jang, 2008).

명자나무 [*Chaenomeles speciosa* (sweet) Nakai]는 장미과 (Rosaceae)에 속하는 낙엽활엽관목으로 수고 2 m 정도로 자란다. 해가 잘 드는 양지바른 곳에서 잘 자라며 전정이 용이하고 생장이 빨라 생울타리로 주로 쓰이고, 꽃이 아름다워 절화나 정원수로 사용되고 있다. 꽃은 4~5월에 개화하는데, 지름은 2.5~3.5 cm이고 꽃잎은 5개로 원형, 도란형 또는 타원형이다. 소화경과 꽃받침이 짧으며, 수술은 30~50개, 암술대는 5개이며, 열매는 9~10월에 익는다 (Korea Biodiversity Information System, 2021). 또한, 명자나무의 열매에는 glycoside, flavonoid, phenol, tannin 및 유기산이 함유되어 있으며, 항균 활성, 항염증 및 항산화 활성이 뛰어난 것으로 보고되었다(Dai *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2010).

선행 연구결과에 의해 명자나무 역시 밀원수종으로 소개되었으나, 화밀분비량, 유리당 함량 및 꿀 생산량 등 객관적인 가치평가는 이루어지지 않았다(Jang, 2008). 본 연구는 복합밀원자원 개발 측면에서 주로 관상용으로 이용되는 명자나무의 밀원가치를 평가하여 관상·밀원자원으로서의 활용 가능성을 판단하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 생장 및 개화 특성 조사

본 연구는 경기도 수원시 소재의 국립산림과학원 산림생명자원연구부 구내(37°15'07.60"N, 126°57'23.99"E)에 자라고 있는 명자나무 중 병충해가 없고 생육이 왕성한 3본을 공시목으로 선정하여 2021년 3~4월에 조사하였다. 생장 특성은 공시목 3본을 대상으로 줄자를 이용하여 수고(m), 수관 폭(m)을 조사하였고, 개화량은 꽃봉오리 수를 육안으로 관찰하여 전수조사하였다.

개화시기는 공시목 3본에서 각 방위별로 3개의 개화지를 선정 후 개화한 꽃 수/전체 꽃 수를 조사하여 일자별 평균 개화율을 산정하였다. 이후 개화율에 따라 개화 시작일(누적 개화율 5% 이상), 개화최성기(누적 개화율 40~80%), 개화종료일(누적 개화율 95% 이상)으로 구분하였다.

### 2. 꿀벌방화 특성 조사

방화조사는 개화최성기인 4월 6일부터 3일 동안 이루어졌으며, 공시목 3본에서 각각 개화지를 하나씩 선정 후 타임랩스 카메라(MAC200C, Brino, Korea)를 설치하였다. 명자나무의 가지당 꽃 수는 평균  $188.5 \pm 57.2$ 개로 조사되었는데, 변이가 크고 카메라의 관측 범위가 한정적이기 때문에 가지 끝을 기준으로 15개의 꽃을 선정하여 꿀벌방화 수를 조사하였다. 카메라의 촬영 설정은 09:00~18:00까지 1초 간격으로 하였으며, 촬영된 사진을 분석하여 꿀벌 방화 횟수를 조사하였다.

### 3. 화밀분비 특성 조사

화밀분비 조사는 개화최성기인 4월 6일부터 4월 10일까지 5일 동안 실시하였다. 공시목 3본에서 화분매개자에 의한 화밀의 손실을 방지하기 위해 미개화된 가지에 차단망을 설치하였다(Fig. 1). 화밀 수집은 익일 개화된 꽃 118개를 대상으로 개화시작부터 탈락까지 3  $\mu$ L capillary tube를 사용해 오전(10:00~11:30)과 오후(15:30~17:00)를 구분하여 1일 2회 수집하였다. 수집된 화밀은 capillary tube의 길이와 부피 비율을 이용하여 정량하였다(Corbet, 2003).

### 4. 유리당 함량 분석

화밀 내 유리당 함량을 분석하기 위해 3  $\mu$ L capillary tube로 수집된 화밀을 원심분리기로 재추출하고 80% 에탄올(v/v) 10배액을 첨가한 후 0.45  $\mu$ m centrifugal filter로 정제했다. 유리당 분석은 HPLC(Dionex ultimate 3000, Dionex, USA)를 이용하여 분석하였다. 이동상으로는 3차 증류수를 사용하였고, 유속은 0.5 mL/min, 온도는 80°C로 설정하였다. 유리당의 표준품으로는 Sucrose, Glucose, Fructose (Sigma Aldrich, USA)를 사용하였으며, Aminex 87P column (Bio-rad, USA)을 사용하여 Ri-101 detector (Shodex, Japan)로 유리당을 검출하였다. 함량은 적분계에 의한 외부표준법으로 계산하였다(Linear regression equation,  $r^2 > 0.999$ ).

### 5. 꿀 생산량 추정

꿀 생산량 추정은 평균 화밀분비량( $\mu$ L/flower), 단위용



**Fig. 1.** Morphological characteristics of *Chaenomeles speciosa*. (A) Picture of surveyed tree. (B) honey bee collecting the nectar. (C) developmental stages of flower.

량당 유리당 함량( $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ ), 본당 꽃 수, Petanidou (2003)가 제시한 honey potential을 이용하여 다음과 같이 계산하였다. 또한, 조사목 평균 수관 폭을 고려하여 ha당 생육가능 본수를 산출하고 ha당 꿀 생산량(kg/tree)을 추정하였다.

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

\*honey potential = sugar content : honey = 85 : 100

## 6. 통계분석

조사된 자료는 SPSS for windows ver. 18 (IBM, Chicago, USA)을 이용하여 분석하였다. 시간대별 꿀벌 방화 수와 온도 간 상관관계는 Pearson 상관분석을 이용했으며, 시점별 화밀분비량 및 유리당 함량을 비교하기 위해 분산분석(one-way ANOVA test)를 실시하고, 유의성이 인정되는 경우 Tukey의 다중검정을 실시하였다. 한편, 온도와 상대 습도 등 기상요인과 시점별 화밀특성 간의 상관관계를 분석하기 위해 Pearson 상관분석을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 생장 및 개화 특성

명자나무 3본을 대상으로 생장 특성 및 본당 꽃 수를 조사한 결과 수고  $2.4 \pm 0.3$  m, 수관폭  $3.6 \pm 0.9$  m였으며, 본당 꽃 수는 평균  $8,669 \pm 3,009$ 개로 조사되었다. 한편, 경기도 수원지역에서 명자나무는 3월 29일부터 4월 22일까지 약 25일 동안 개화했으며, 개화최성기는 4월 5일부터 4월 16일까지로 조사되었다(Table 1).

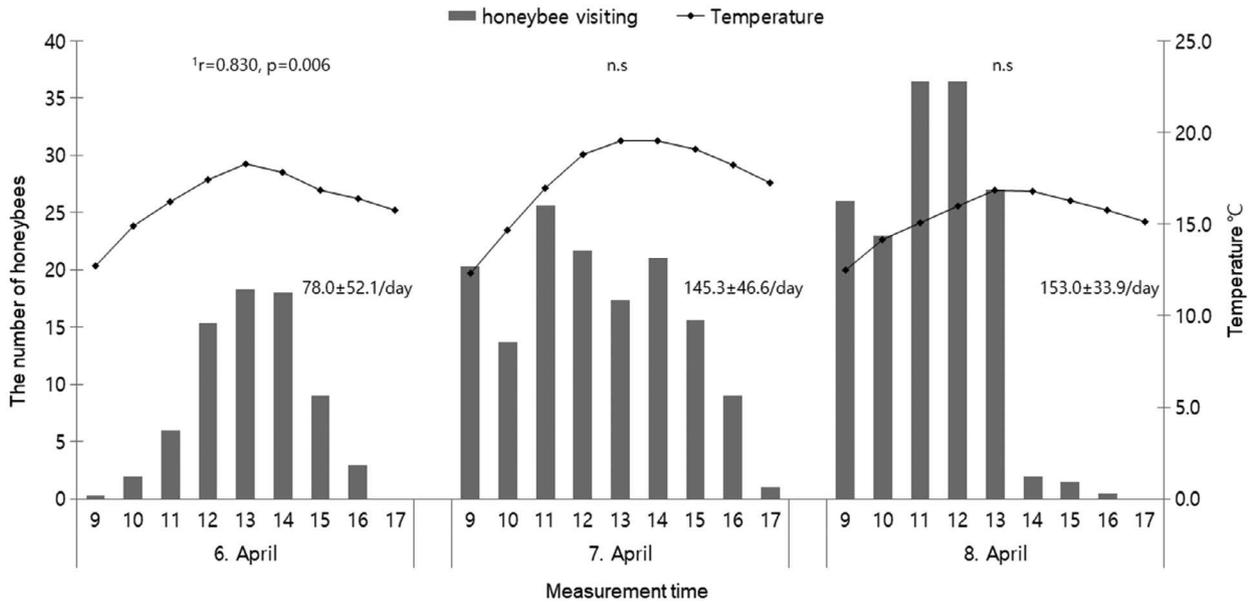
### 2. 꿀벌 방화 특성

명자나무 3본에서 각각 15개의 꽃 송이를 선정하고, 1일 꿀벌 방화횟수를 3일 동안 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 명자나무의 꿀벌 방화는 4월 6일에는  $78.0 \pm 52.1$ 마리, 4월 7일에는  $145.3 \pm 46.6$ 마리, 4월 8일에는  $153.0 \pm 33.9$ 마리로 조사되었으며, 일자 간 통계적 유의성은 인정되지 않았다( $F_{(2,6)}=2.913, p=0.131$ ). 시간대별 꿀벌 방화수와 온도 간 상관관계를 분석한 결과, 4월 6일은 상관관계가 인정

**Table 1.** Growth and flowering characteristics of *Chaenomeles speciosa*

Growth		Flowering				
Height (m)	Crown diameter (m)	Starting date	Peak period	Finish date	Total period	No. flower
2.4±0.3	3.6±0.9	29. Mar.	5. Apr.~16. Apr.	22. Apr.	25 days	8,669±3,009

Data represent the mean ± SD (n = 3).



**Fig. 2.** The number of honeybee visits per fifteen flower on *Chaenomeles speciosa* and temperature by measurement time. Bar graph represent the mean (n = 3), <sup>1</sup>Correlation analysis by Pearson between honeybee visit and temperature. Measurement time: 9 (09:00~10:00)~17 (17:00~18:00).

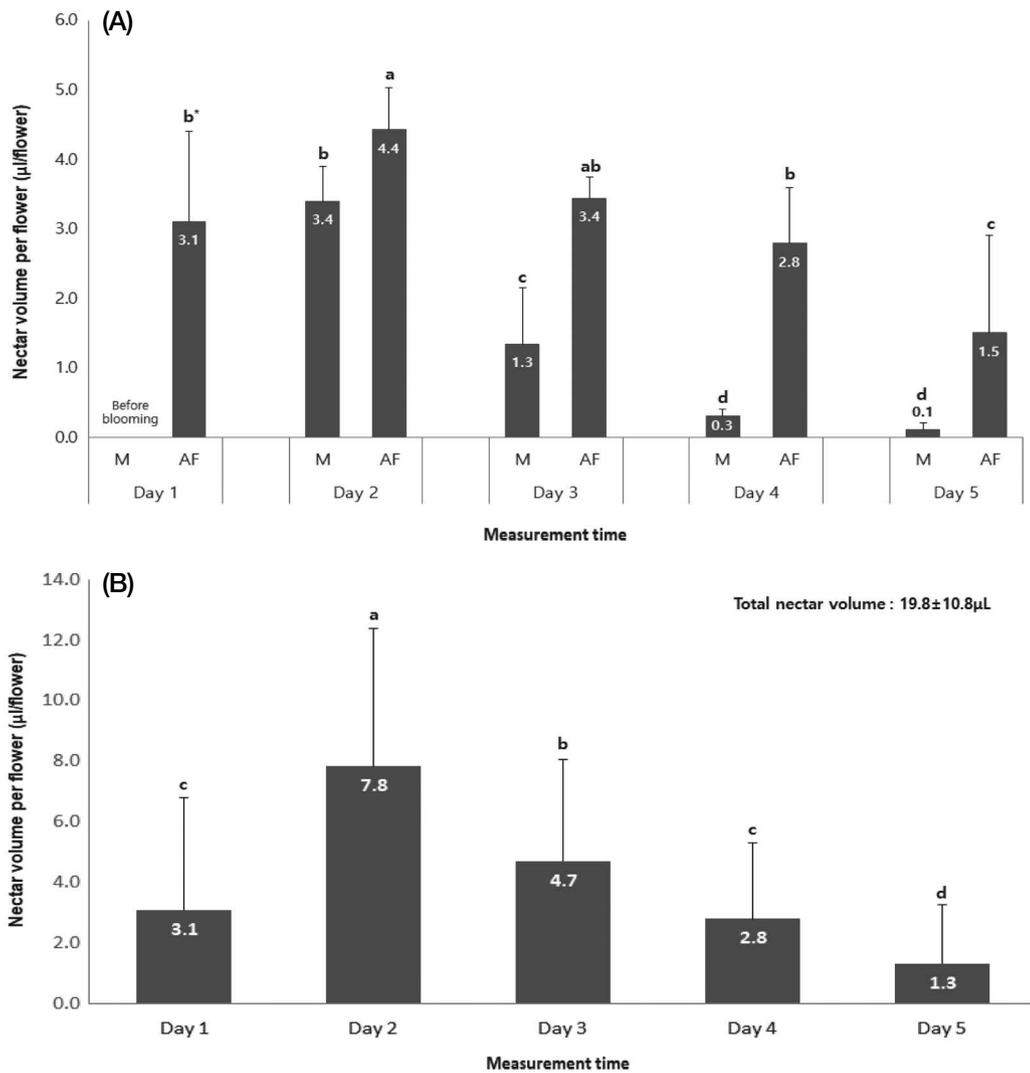
되었지만( $r=0.830, p=0.006$ ), 7일과 8일은 유의적 상관이 나타나지 않았다. 특이한 점은 4월 6일 오전은 꿀벌 방화가 비교적 적었던 반면, 7일과 8일은 이른 시간부터 많은 꿀벌의 방화가 관찰되었다는 것이다. 일반적으로 꿀벌의 활동에 영향을 미치는 환경요인은 온도, 습도, 풍속, 광도 등이 있으며(Szabo, 1980; Abou-Shaara, 2014), 꿀벌의 식물 방문 빈도는 개화 단계, 개화지의 위치, 개화량 및 개화시점에 따라 다르게 나타난다고 알려져 있다(Kirk *et al.*, 1995; Mattu *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2014a). 이러한 선행연구를 고려할 때, 꿀벌 방화활동은 온도 등 기후환경과 수목의 개화생리 등 다양한 요인이 복합적으로 작용하는 것으로 보다 다각적인 접근이 필요할 것으로 판단된다.

3일 동안 조사된 1일 평균 꿀벌 방화수는  $125.4 \pm 50.9$  마리로 나타났는데, 아까시나무 화서당 372마리, 피나무류 화서당 290~488마리, 광나무 개화지당 220마리, 때죽나무 개화지당 160마리 등 다른 밀원수종과 비교했을 때

다소 낮은 값을 보였다(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 등 형태적 특성이 다르며, 지리적 여건, 봉군의 유무와 밀도에 따라 달라지기 때문이 직접적인 비교는 어렵다. 또한, 선행연구들의 경우 매 시간마다 5~10분 동안의 관찰 값을 이용해 1일 꿀벌 방화수를 추정했기 때문에 본 연구의 방법과 다소 차이가 있다. 본 연구에서는 명자나무에서 꿀벌의 방화가 관찰되어 밀원수종으로서의 가능성을 확인했다는 데 의미가 있다.

### 3. 화밀분비량 및 유리당 함량

명자나무 3분에서 118개 꽃을 대상으로 개화 시작부터 탈락까지 지속적으로 화밀을 수집하여 시점별 화밀분비량을 나타낸 결과는 Fig. 3과 같다. 명자나무 꽃은 오전에 미개화 상태로 존재하다가 오후에 개화되었고, 탈락



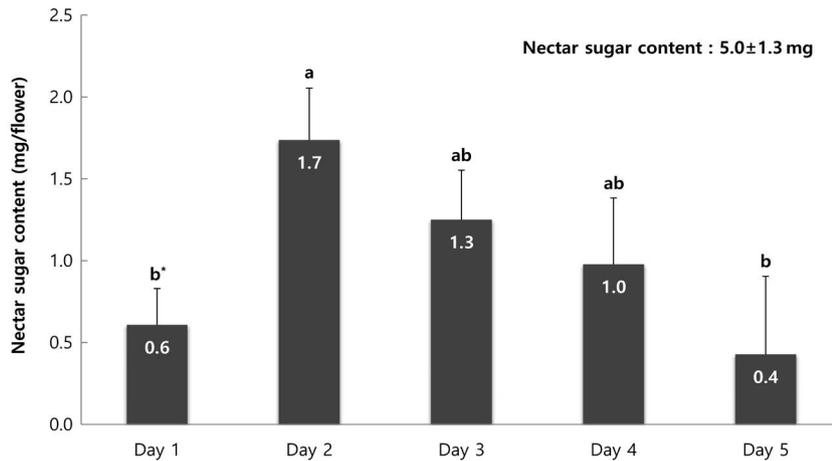
**Fig. 3.** The nectar secretion pattern of *Chaenomeles speciosa* flowers studied by measurement time (A) and day (B). Bars indicate standard deviation (n = 118). \*One-way ANOVA test with Tukey's multiple comparison test ( $p < 0.05$ ). M: Morning (10:00~13:30), AF: Afternoon (15:30~17:00).

까지 약 5일 소요되었다. 시점별 화밀분비패턴은 유의한 차이가 인정되었는데, 2일차부터 5일차까지 대체로 오전보다 오후에 더 많은 화밀이 분비되는 경향을 나타냈다 ( $F_{(8, 986)} = 43.219, p < 0.01$ , Fig. 3A).

일자별 화밀분비량은 개화 1일차에  $3.1 \pm 3.7 \mu\text{L}$ 가 분비됐으며, 개화 2일차에는  $7.8 \pm 4.6 \mu\text{L}$ 로 최대치를 나타냈고 개화 3일차부터 5일차까지는  $4.7 \sim 1.3 \mu\text{L}$ 로 급격하게 감소하여 차이가 있음을 확인할 수 있었다 ( $F_{(4, 585)} = 64.867, p = 0.000$ , Fig. 3B). Adgaba *et al.* (2017)는 개화 이후 시점에 따라 화밀분비량은 유의한 차이가 있으며, 화밀이 집중적으로 분비되는 시점은 각 수종마다 다를 수 있다고 보고하였다. 뿐만 아니라, 꽃은 수명 (lifespan)

에 따라 특정한 리듬 (rhythm)을 가지고 화밀을 분비하는데, 시간이 지남에 따라 감소하거나 중단되는 경우도 있다고 하였다 (Galletto and Bernardello, 2004). 또한, 이나무 (*Idesia polycarpa*)의 화밀분비패턴은 1일차에  $0.3 \mu\text{L}$ , 2일차에  $4.4 \mu\text{L}$ 로 급격하게 증가하였고, 3일차  $5.0 \mu\text{L}$ 로 최대치를 나타낸 후 4일차에는 대부분의 꽃이 탈락하면서  $0.4 \mu\text{L}$ 의 화밀이 분비된다고 보고하였다 (Kim *et al.*, 2020). 이러한 선행연구들을 고려하면, 명자나무의 화밀분비량이 오후에 집중되고, 개화 후 일자가 지남에 따라 감소하는 것은 명자나무의 꽃 고유의 특성으로 판단된다.

명자나무 화밀 내 단위용량당 유리당 함량은  $227.8 \sim 283.2 \mu\text{g}/\mu\text{L}$  범위를 나타내어 평균  $254.1 \pm 36.5 \mu\text{g}/\mu\text{L}$ 로



**Fig. 4.** The nectar sugar content of *Chaenomeles speciosa* flowers studied by measurement time (n = 3). Bars indicate standard deviation, \*One-way ANOVA test with Tukey’s multiple comparison test ( $p < 0.05$ ).

조사되었으며, 일자별로 차이는 인정되지 않았다 ( $F_{(4, 10)} = 2.000, p = 0.171$ , data not shown). 화밀분비량과 단위용량당 유리당 함량을 이용하여 일자별 꽃 하나당 유리당 함량을 산출한 결과는 Fig. 4와 같다. 개화 1일차에는  $0.6 \pm 0.2$  mg을 나타냈으며, 개화 2일차에  $1.7 \pm 0.3$  mg으로 가장 높은 값을 나타낸 후 3일차  $1.3 \pm 0.3$  mg, 4일차  $1.0 \pm 0.4$  mg, 5일차  $0.4 \pm 0.5$  mg으로 지속적으로 감소하여 화밀분비량과 유사한 패턴을 나타냈다. 요약하면, 명자나무 꽃 하나에서의 유리당 함량은 평균  $5.0 \pm 1.3$  mg/flower로 나타났으며, 조사 일자 간 유의한 차이가 인정되었다 ( $F_{(4, 10)} = 6.468, p = 0.008$ ).

선행연구에 밝혀진 주요 밀원수종의 꽃 하나당 유리당 함량은 아까시나무  $0.48 \sim 1.53$  mg/flower, 이나무(♂)  $1.7$  mg/flower, 쉬나무(♂)  $0.48$  mg/flower, 밤나무  $0.49 \sim 1.40$  mg/flower임을 고려할 때 명자나무 꽃 하나당 유리당 함량은 비교적 높은 것으로 나타났다(Kim *et al.*, 2014b; Kim *et al.*, 2017b; Kim *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2021).

#### 4. 기상조건과 화밀특성 간 상관관계

명자나무의 시점별 화밀특성과 온도, 상대습도 간 상관관계를 분석한 결과는 Table 2와 같다. 온도는 화밀분비량( $r = 0.695$ ), 꽃 하나당 당 함량( $r = 0.788$ )과 정의 상관관계를 보였으며, 상대습도는 단위용량당 유리당 함량과 부의 상관( $r = -0.672$ )을 나타냈다. 또한 화밀특성 간에는 화밀분비량과 꽃 하나당 당 함량 사이에서 강한 정의 상관( $r = 0.946$ )이 인정되었다.

**Table 2.** Correlation analysis by Pearson between meteorological factor and nectar characteristics

Characteristics	Humidity	NV	FSC	NSCF
Temperature	-0.824**	0.695*	ns	0.788**
Humidity	1	ns	-0.672**	ns
NV		1	ns	0.946**
FSC			1	ns

The temperature ranges from 14.2 to 18.3°C and relative humidity ranges from 29.5 to 59.5% by the measurement time. NV: Nectar volume per flower ( $\mu\text{L}/\text{flower}$ ), FSC: Free sugar content ( $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ ), NSCF: Nectar sugar content per flower (mg/flower). \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , ns: non-significant

일반적으로 낮은 상대습도와 높은 온도 조건에서는 화밀 내 수분을 증발시켜 화밀을 농축시키는 반면, 높은 상대습도는 화밀을 묽게 한다(Jakobsen and Kristjansson, 1994; Burquez and Corbet, 1998). 이와 동일하게 명자나무 화밀의 단위용량당 유리당 함량은 상대습도와 부의 상관을 보였다. 한편, 온도는 광합성 효율과 관련하여 식물의 화밀 생산 능력에 간접적으로 관여하는데 저온에서 화밀량이 감소하고 고온에서 증가하는 것이 일반적이거나, 식물 고유의 화밀분비 최적온도(Optimal temperature)에 따라 분비량이 결정된다(Pacini and Nepi, 2007; Takkis *et al.*, 2018). 본 연구에서 명자나무의 화밀분비량은 온도와 정의 상관을 나타냈는데 이는 온도가 증가함에 따라 명자나무 화밀분비에 적합한 최적온도에 도달함으로써 화밀분비에 영향을 미친 것으로 판단된다. 한편, Kim *et al.*(2014b)은 쉬나무의 일자별 화밀분비 특성과 기후요인과 상관관계를 분석한 결과, 화밀분비량은 온도( $r = -0.800$ )와 상대습도( $r = 0.726$ )

**Table 3.** Summary of nectar characteristics of *Chaenomeles speciosa*

Nectar volume (μL/flower)	Nectar sugar content (mg/flower)	Honey production <sup>1</sup> (g/tree)	Honey yield <sup>2</sup> (kg/ha)
19.8±10.8	5.0±1.3	49.8	31.1

<sup>1</sup>Honey production is estimated by multiplying nectar sugar content, number of flower and honey potential (Petanidou, 2003).

<sup>2</sup>Honey yield is estimated by multiplying honey production and 625 trees per ha

는 정의 상관율, 화밀당도는( $r = -0.746$ )부의 상관율을 나타낸다고 보고하여 본 연구결과와 차이를 나타냈다.

### 5. 꿀 생산량 추정

명자나무의 생육특성과 화밀특성을 종합적으로 고려하여 본당 꿀 생산량을 추정한 결과 약 49.8 g으로 나타났다(Table 3). 우리나라 주요 밀원수종인 아까시나무의 꽃 하나당 유리당 함량은 0.48~1.35 mg이며, 본당 꿀 생산량이 525 g과 비교할 때, 꽃 하나당 유리당 함량은 명자나무가 더 높았으나 본당 꿀 생산량은 아까시나무가 높음을 알 수 있다(Kim *et al.*, 2021). 이는 명자나무의 본당 꽃 수는 약 8,668개에 그치는 반면, 아까시나무는 약 53만개 이상으로 본당 꽃 수에 의한 차이로 해석할 수 있다. 그러나 한 개체에서의 꽃 수는 나무의 연령과 식재밀도, 생육환경 및 기후요인에 의해 영향을 받기 때문에 보다 많은 지역 간, 연도 간 반복을 둔 장기적인 조사가 필요할 것으로 판단된다. 한편, 아까시나무의 꿀 생산량을 추정한 연구를 포함한 선행 연구들은 주로 꽃 하나당 화밀분비량, 당 함량을 조사하는데 초점을 맞췄기 때문에 조사목의 수령과 생육특성에 대한 조사가 이루어지지 않아 ha당 꿀 생산량을 산출하기 어려운 한계점을 가지고 있다. 본 연구결과를 바탕으로 조사목과 동일한 크기의 나무(수관폭 3.6m)가 1 ha에 약 625본(식재거리 4×4 m)이 있다고 가정했을 때, 꿀 생산량(honey yield)은 약 31.1 kg로 추정되었다.

결론적으로 명자나무는 주로 울타리나 정원수로 쓰이고, 3월 말부터 4월 중순까지 긴 개화기간을 가지며, 화밀 분비량 및 유리당 함량을 고려할 때 꿀벌의 먹이자원 및 관상·밀원자원으로 활용 가능할 것으로 판단된다.

## 적 요

본 연구는 새로운 밀원수종인 명자나무의 꿀벌방화 수, 화밀분비량, 유리당 함량 및 꿀 생산량을 추정하였다. 명

자나무 개화지 하나당 평균 약 125마리의 꿀벌이 방화하였다. 또한, 꽃 하나에서 5일 동안 분비되는 총 화밀량은 약 19.8±10.8 μL로 조사되었으며, 오전보다 오후에 집중적으로 분비되는 경향을 나타냈다. 꽃 하나당 유리당 함량은 5.0±1.3 mg로 조사되었고, 본당 꽃 수 8,669개를 이용하여 꿀 생산량을 추정한 결과 49.8 g/tree로 조사되었다. 이를 종합하여 1 ha에 625본(4×4 m)을 식재할 경우 31.1 kg/ha의 꿀을 생산 가능할 것으로 추정되었다. 명자나무는 꽃이 아름답고 개화기간이 길며, 수형관리가 쉬워 우수한 관상자원으로 각광받고 있고, 본 연구결과를 통해 꿀벌이 선호하고, 많은 화밀이 분비되며, 꽃 하나당 유리당 함량이 높은 점을 고려할 때 밀원자원으로 활용가능할 것으로 판단된다.

## 인 용 문 헌

- 최승윤. 1973. 양봉학. 집현사. p. 312.
- Abou-Shaara, H. F. 2014. The foraging behaviour of honey bees, *Apis mellifera*: a review. *Vet. Med.* 59(1): 1-10.
- 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. 2017. Nectar secretion dynamics and 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.
- Baker, H. G., and I. Baker. 1983. A brief historical review of the chemistry of floral nectar. In: Bentley B, Elias T, eds. *The biology of nectaries*. New York: Columbia University Press, 126-152.
- Bruneau, A. 1997. Evolution and homology of bird pollination syndromes in *Erythrina* (Leguminosae). *Am. J. Bot.* 84: 54-71.
- Burquez, A. and S. A. Corbet. 1998. Dynamics of production

- and exploitation of nectar: Lessons from *Impatiens glandulifera* Royle. In *Nectary Biology* Bahadur, B., Ed.; Dattsons: London, UK, pp. 130-152.
- Chittka, L. and S. Schurkens. 2001. Successful invasion of a floral market. *nature* 411, 653 (2001). <https://doi.org/10.1038/35079676>.
- Chung, Y. H. and K. J. Kim. 1984. Flowering process and pollination mechanism of genus *Tilia* in Korea. *Korean J. Bot.* 27: 107-127.
- Corbet, S. A. 2003. Nectar sugar content: Estimating standing crop and secretion rate in the field. *Apidologie* 34: 1-10.
- Dai, M., W. Wei, Y. X. Shen and Y.Q. Zheng. 2003. Glucosides of *Chaenomeles speciosa* remit rat adjuvant arthritis by inhibiting synoviocyte activities. *Acta Pharmacol. Sin.* 24(2003): 1161-1166.
- Galetto, L. and G. Bernardello. 2004. Floral Nectaries, Nectar Production Dynamics and Chemical Composition in Six *Ipomoea* Species (Convolvulaceae) in Relation to Pollinators, *Ann. Bot.* 94(2): 269-280.
- 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.
- 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.
- 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, 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. Apic.* 30(1): 13-20.
- Kim, S. H., A. Lee, D. Kang, H. W. Kwon, Y. K. Park and M. S. Kim. 2017a. Analysis of floral nectar characteristics of Korean and Chinese hawthorns (*Crataegus pinnatifida* Bunge). *J. Apic. Res.* 14: 119-128.
- Kim, S. H., A. Lee, H. Y. Kwon, W. Lee and M. S. Kim. 2017b. Analysis of flowering and nectar characteristics of major four chestnut cultivars (*Castanea* spp.). *J. Apic.* 32(3): 237-246.
- 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.* <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1891743>.
- 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>.
- 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.
- Nepi, M. C., D. Soligo, M. Nocentini, M. Abate, G. Guarnieri, L. Cai, M. 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.
- Pacini, E. and M. Nepi. 2007. Nectar production and presentation. In *Nectaries and Nectar* Nicolson, S.W., Nepi, M., Pacini, E., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp. 167-214.
- 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.
- Szabo, T. I. 1980. Effect of weather factors on honeybee flight activity and colony weight gain. *J. Apic. Res.* 19(3): 164-171.
- Takkis, K., T. Tschulin and T. Petanidou. 2018. Differential effect of climate warming on the nectar secretion of early- and late-flowering Mediterranean Plants. *Front. Plant Sci.* 27: 00874. DOI: 10.3389/fpls.2018.00874
- Vaudo, A. D., J. F. Tooker, C. M. Grozinger and H. M. Patch. 2015. Bee nutrition and floral resource restoration. *Curr. Opin. Insect Sci.* 10: 133-141.
- Zhang, L., Y. X. Cheng, L. A. Liu, H. D. Wang, L. Y. Wang and G. H. Du. 2010. Antioxidant, anti-inflammatory and anti-Influenza properties of components from *Chaenomeles speciosa*. *Molecules* 15(2010): 8507-8517.