

광나무 꽃의 꿀벌 방화와 화밀 분비 특성

김문섭 · 김세현 · 송정호 · 김혜수* · 오득실¹

국립산림과학원 특용자원연구과, ¹전라남도 완도수목원

Honeybee Visit and Secreted Nectar Characteristics on Flowers of *Ligustrum japonicum* Thunb

Kim Moon Sup, Kim Sea Hyun, Song Jeong Ho, Kim Hyeusoo* and Oh Deuk Sil¹

Division of Special-purpose Trees, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-847, Korea

¹JeollaNamdo Wando Arboetum, Wando 537-811, Korea

(Received 16 October 2014; Revised 29 October 2014; Accepted 4 November 2014)

Abstract

This study was conducted to provide a basic data such as honeybee visiting and secreted nectar for possibility of development as a honey plant, *Ligustrum japonicum* Thunb. in Jeonnam Wando Arboretum. The surveyed tree's flowers bloom and secrete nectar during 7 days in 2014. It is showed that more *Apis mellifera* visited flowers in priority than other pollinators, so the percentage of *A. mellifera* which visited flowers was 57%. In addition, number of visited honeybees per flowering lateral bunch can be assumed 173.8 honeybees for a day. Between visited number of *A. mellifera* and meteorologic traits (temperature, relative humidity) signified correlation, which mean that honeybee activity was influenced by temperature and relative humidity. Secondly, we found that both secreted nectar volume is more secreted in the morning. On average, volume of total and dry nectar secreted by nectary were 1.07 ul and 0.15 ul from one flower, respectively. Finally, the surveyed *L. japonicum* is considered as possible sub-honey plant because of its nectar volume and visited honeybee data.

Key words: Dry nectar, *Apis mellifera*, Honeybee activity

서 론

화밀(Nectar) 분비에 관한 연구는 수분매개자들에 대한 꽃의 유인 기작을 해석하고자 꽃의 형태적, 해부학적 구조를 이해하면서 시작되었다. 20세기 초 Bayer(1905)에 의해 십자화과(Brassicaceae)를 대상으로 화밀이 분비되는 밀선(Nectary)의 형태와 위치에

관한 연구가 이루어졌으며, Avestisyan(1979) 등은 *Hesperis*, *Lunaria*, *Malcolmia* 등에서 밀선조직의 형태적 변이를 보고하였다. 화밀 분비의 경로는 변형된 기공조직이 밀선영역에 분포하고, 분비하는 기작은 Calvin cycle부터 시작되어 체관부 수액에 의해 기원이 되며, 밀선에 존재하는 유세포(Parenchyma cell)에 당의 일시적인 저장과 가수분해가 되면서 분비되는

*Corresponding author. E-mail: spresources@forest.go.kr

것으로 알려져 있다(Fahn, 1988; Pacini *et al.*, 2003).

화밀의 양적인 수집 조사는 1950년대 Beutler(1953)로부터 시작되었으며, Jablonski and Szklanowska(1979)는 아까시나무 꽃 내부의 화밀을 채취하는 방법을 처음 시도하였고, Kearns and Inouye(1993)는 원심분리기를 이용한 화밀채취 방법을 보고하였다. 국내에서는 정과 김(1984)이 한국산 피나무속 수종들에 대한 연구에서 microcapillary tube를 이용하여 화밀을 채취한 바 있으며, 개화과정이나 수분기작에 관한 연구가 일부 수행되었으나 밀원수종에 대한 화밀 채취 및 분비량 추정 등에 관한 연구는 이루어지지 않아 다양한 수종 간의 비교분석이 어려운 실정이었다. 하지만 최근에는 밀원과 관련된 개화특성, 꿀벌의 방화와 화밀 분비 그리고 화밀 당량에 관한 연구가 수행되고 있다(Kim *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2012; 김 등, 2013; 김 등, 2014).

꽃 하나에서의 화밀 분비 패턴은 같은 종 안에서 개화 단계에 의하여 영향 받을 수 있고, 화밀 당도는 개화 단계와 시간 그리고 기상인자에 의해 달라질 수 있다고 보고 된 바 있다(Petanidou *et al.*, 1996, 김 등, 2014). 또한 화밀은 개화기간 동안에 분비와 중단 그리고 재흡수를 반복할 수 있으며, 그것을 화밀생산의 동태(Dynamic)라고 한다(Wolff *et al.*, 2006).

광나무는 물푸레나무과로서 남부지방에서 주로 자라는 상록관목으로서 높이 3~5m이며, 가지는 회색이고 잎은 마주나며 넓은 난형, 넓은 타원형 또는 넓은 장타원형이며 예두 또는 둔두이고 원저 또는 예저이며 잎자루는 길이 5~12mm로서 엽맥과 더불어 적갈색이 돈다. 꽃은 6~7월에 피고 복충상화서는 새가지 끝에 달리며 길이와 너비가 각각 5~12cm로서 백색이다. 열매는 10월에 자흑색으로 익으며 겨울에도 남아 있다(이, 2006). 생리활성적인 면에서 광나무 잎에서는 풍부한 페놀성 화합물과 신경보호물질을 가지고 있으며, 열매에서는 항암 작용, 항균작용, 피부노화방지과 기능성 천연염료 등의 기능성을 가지고 있어 추후 개발가치가 큰 수종이라고 할 수 있다(Sung *et al.*, 2005; 조와 정, 2006; 김 등, 2010; 이와 고, 2010).

본 연구는 아까시나무의 쇠퇴에 따른 새로운 대체

밀원수종의 발굴 및 밀원 조성의 요구가 절실한 상황에서 조경적, 약용적인 가치를 가지는 광나무를 대상으로 밀원수종으로서의 가능성을 구명하고자 한다.

재료 및 방법

공시재료

전라남도 완도군 군외면 완도수목원에 조성된 광나무를 대상으로 실시하였다. 공시 수종의 수령은 13년, 수고는 평균 3.9m, 흉고직경은 평균 4.5cm, 수관폭은 평균 1.5m로 정상적으로 생육한 광나무 3본을 조사목으로 선정하였다.



Fig. 1. Pictures of *L. japonicum* shape and flowers (A: Shape of tree, B: Collecting nectar on flower tube by 3 ul capillary tube).

개화량 및 곤충 방화 조사

광나무의 개화량 조사는 공시재료 3본을 대상으로 개화 시작일부터 종료일까지 4방위에서 조사하였으며, 화아발생부터 개화종료까지의 방위별 3개씩, 36개의 개화지에서 조사일마다 개화수를 조사하여 개화율을 구하였다.

곤충 방화 조사는 6월 9일부터 6월 11일에 8시부터 18시까지 1시간 간격으로 3일 동안 조사하였다. 선정

Table 1. Meteorological conditions in surveyed date

Traits	Average/Range		Surveyed date (Month/Day)				
	6/8	6/9	6/10	6/11	6/12	6/13	6/14
Temperature (°C)	19.5	19.1	20.8	21.0	19.1	20.3	21.1
	16.1-24.2	15.9-22.4	18.3-25.2	17.5-27.0	16.7-24.3	16.4-26.6	15.8-29.3
Relative humidity (%)	89.4	91.4	86.3	86.3	92.1	87.8	81.5
	73-99	80-99	72-95	61-99	69-99	63-99	49-100
Irradiance	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny	Sunny

된 개화지의 송이에 주로 방문하여 채밀활동을 한 꿀벌(*Apis mellifera*)과 꿀벌 이외의 방화곤충(이하 방화곤충) 등 2그룹으로 나누어 4개의 개화지에서 각각 10분 동안 40분간 곤충이 방문한 수를 조사하였고 하나의 개화지에서 한 시간 동안의 곤충 방화수를 추정하였다.

화밀 채취 및 분비량 조사

광나무 꽃에서 화밀이 분비하는 패턴을 분석하기 위해서, 6월 9일부터 6월 11일까지 3일 동안 3분을 대상으로 조사하였다. 꿀벌 및 곤충에 의한 화밀의 손실을 방지하기 위해 교배봉투를 본 당 3개씩 설치하였고 교배봉투 당 6개의 꽃을 대상으로 오전 10시와 오후 3시에 3 ul capillary tube(Drummond, USA)를 이용하여 선정된 꽃에서 화밀을 채취하였다. 건조화밀량은 화밀을 채취한 후에 3 ul capillary tube를 오븐기(FO-600M, JEIO TECH, Korea)에 넣어 80°C로 24시간 건조 후에 그 양을 조사하였고, 총 324개의 꽃에서 채취한 화밀에 대해서 각각 조사된 시점에 화밀의 함수율을 조사하였다.

기상인자 조사 및 통계분석

기상인자 조사는 자동기상관측장비(HOBO U30/NRC)를 이용하였으며 대기온도(°C), 상대습도(%) 등을 조사하였다. 해당 기상요인과 화밀 특성, 곤충 방화수간의 상관관계는 SPSS program(Ver. 12.0)을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

기상인자

광나무 꽃 개화기인 6월 8일부터 6월 14일까지 평균 대

기 온도는 20.1°C였으며, 최대 29.3°C, 최소 15.8°C를 나타냈다. 평균 상대습도는 87.9%를 나타냈으며, 최대 100%, 최소 49%를 나타냈다. 조사하는 기간 동안 강우는 없었으며 맑은 날씨를 나타냈다(Table 1).

개화량 및 곤충 방화

광나무 꽃은 2014년 6월 7일부터 개화가 시작되어 6월 14일까지 약 8일간 지속되었다. 총 1,382개의 꽃을 대상으로 조사일마다 개화수를 조사하여 개화율을 분석한 결과, 곤충방화와 화밀 분비 특성 조사가 시작된 6월 9일부터 6월 11일까지 65.7%의 누적 개화율을 나타냈으며, 6월 14일 이후 개화가 종료되었다. 또한, 광나무의 개화 최성기는 6월 10일부터 6월 12일까지임을 알 수 있었다(Fig. 2).

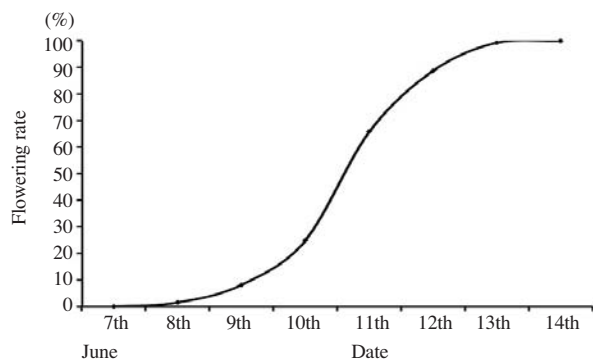


Fig. 2. Flowering rate of *L. japonicum*.

광나무 꽃을 방문하는 방화 곤충들은 꿀벌(*A. mellifera*), 우수리뒤영벌(*Bombus ussurensis*), 호리꽃등에(*Allograpta balteata*), 쇠파리(*Hypoderma bovis*) 등이 주로 방문하였으며, 기타 꽃무지과(Cetoniidae), 풍뎅이과(Scarabaeidae), 노린재아목(Hemiptera), 나비

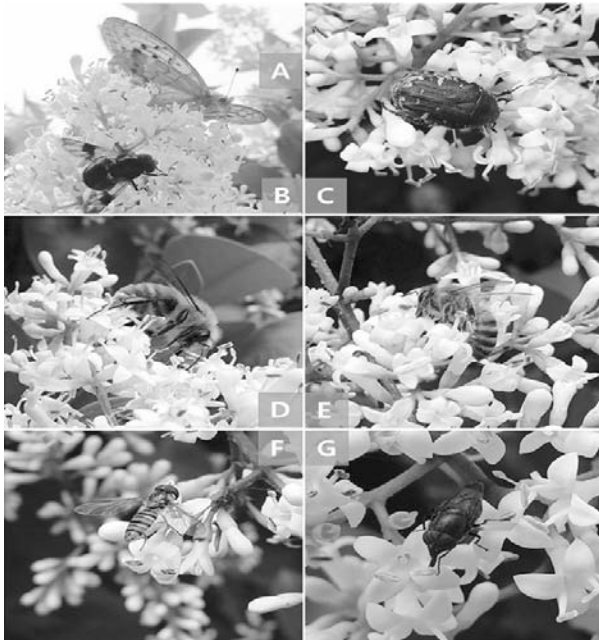


Fig. 3. Pictures of visited pollinators of *L. japonicum*. (A: *Argyreus hyperbius*, B: *Volucella pellucens tabanoides*, C: *Holotrichia parallela*, D: *Bombus ussurensis*, E: *Apis mellifera*, F: *Allograpta balteata*, G: *Stomorhina obsoleta*).

(Butterfly)류 등 다양한 수분매개자들이 방문을 하였다(Fig. 3).

개화 최성기에 하나의 개화지에서 시간대별 꿀벌

과 기타 방화곤충의 방화 수를 조사한 결과는 다음과 같다(Fig. 4).

6월 9일 하루 동안 개화지 한 개에 방문한 꿀벌은 220.6마리, 우수리뒤영벌을 포함한 방화곤충은 151.4마리, 6월 10일에는 꿀벌 184.9마리와 기타 수분매개자 132.7마리, 6월 11일에는 꿀벌 116마리와 기타 방화곤충이 109마리로 추정되었다. 꿀벌이 하루 동안 개화지 한 개에 방문한 수는 평균 173.8마리로 조사되었으며, 방화곤충 중에서 벌꿀 생산에 직접적으로 연관된 꿀벌의 방화수가 전체 대비 57%의 가장 높은 방화율을 나타냈다. 또한, 방화곤충은 시간대에 따라서 비슷한 증감 경향을 나타냈다. 이와 동일한 방법으로 조사된 아까시나무의 하루 동안 송이 당 꿀벌의 방화수는 372마리(한 등, 2009), 피나무와 찰피나무는 각각 458마리와 488마리(Han *et al.*, 2010), 중국 산사나무는 354마리(Kim *et al.*, 2011)로 보고되고 있어, 광나무는 다른 수종들과 비교해서 상대적으로 적은 꿀벌 방화수를 나타냈으나 섬피나무의 한 개화지 당 하루 평균 160마리 방문한다는 보고와 비교했을 때, 비슷한 꿀벌 방화수를 나타냈다(김 등, 2013).

또한, 광나무 꽃에 방문하는 방화량에 대한 기상인자와의 Pearson 상관분석을 실시한 결과는 Table 2와

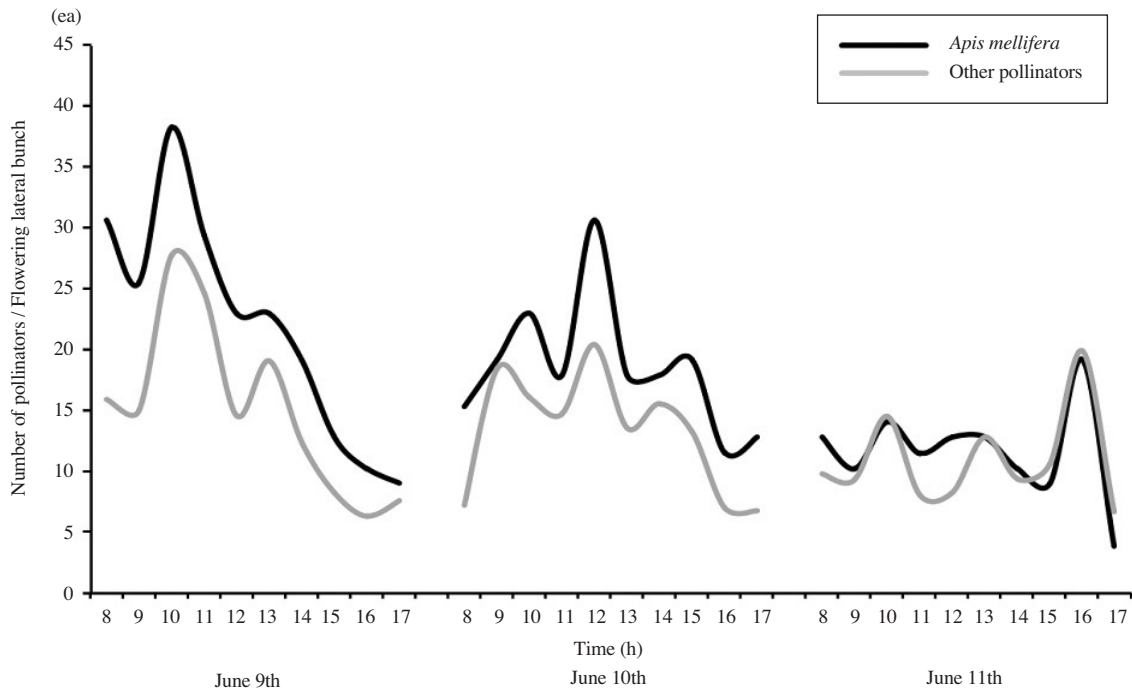


Fig. 4. Number of visited *A. mellifera* and the other pollinators of *L. japonicum* during the 3 days.

Table 2. Simple correlation coefficients on meteorological traits and visited pollinators of *L. japonicum*

Traits	Pollinators	Temperature (°C)	Relative humidity (%)
<i>Apis mellifera</i>	0.870**	-0.508**	0.517**
Pollinators	-	ns	ns

** , ns: Significant at p=0.01 and non significant.

같다.

시간대별로 비슷한 증감의 경향을 보인 꿀벌과 기타 방화곤충의 방문은 0.870(p=0.01)의 강한 상관을 나타냈다. 꿀벌의 방화는 온도와 부의 상관(-0.508, p=0.01)을 나타냈으며 상대습도와 정 of 상관(0.517, p=0.01)을 나타냈다. 이와 같은 결과는 박태기나무와 섬피나무 꽃에서 꿀벌의 방화활동에 대해 온도와 정 of 상관관계를 나타냈고 습도와 부의 상관관계를 보고한 연구결과와 상반된 결과를 나타냈다(황과 최, 1988; 김 등, 2013).

수종별 꿀벌 방화수 비교는 지리적, 환경적, 기후적인 요인과 개화시기의 차이 등에 의해 정확한 판단이 어려우나, 간접적으로 꿀벌의 선호도를 파악하여 밀원수종의 가능성을 판단할 수 있다. 그러나 광나무의 꿀벌 방화수를 정확히 판단하기 위해서는 비슷한 시기에 개화가 이루어지는 식물들과의 비교를 통해서 더 세부적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

화밀 분비 특성

화밀이 분비되는 시점별로 3일 동안 광나무 꽃에서 분비된 화밀의 패턴을 나타낸 결과는 Fig. 5와 같다. 조사시점 데이터의 분산의 크기와 극단 값의 영향을

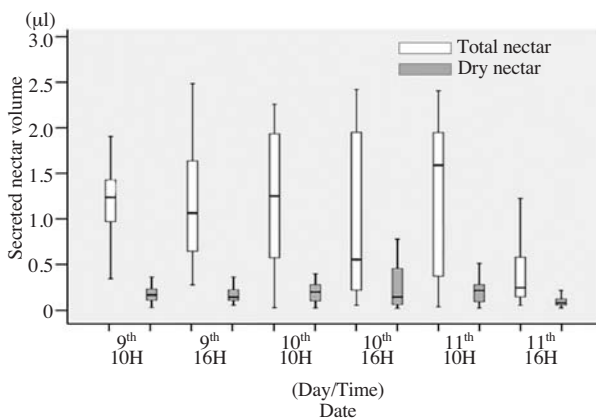


Fig. 5. Secreted nectar pattern about volume of total and dry nectar on *L. japonicum* flower.

줄이기 위해서 증위수를 사용하여 분비량을 확인하였다(Taina et al., 1999). 꽃 하나에서 1회 화밀 채취 후에 꽃이 대부분 탈리되는 특성을 가지고 있어서 시점별 화밀분비량만을 확인할 수 있었다.

총 화밀량은 11일 10시에 1.60 ul로 가장 많이 분비되었고, 11일 16시에 0.25 ul로 가장 적게 분비되었다. 총 화밀량 최대값은 2.44 ul, 최소값은 0.05 ul로 나타났으며, 건조 화밀량 최대값은 0.79 ul, 최소값은 0.02 ul로 나타났다. 3일 전체 분비량 중에 총 화밀량의 오전 시간대 증위수값은 1.26 ul, 오후 시간대는 0.59 ul로 나타났으며 건조 화밀량은 오전 시간대에 0.20 ul, 오후 시간대는 0.11 ul로 나타났고 광나무 꽃에서는 오전 시간대에 총 화밀량과 건조 화밀량이 오후 시간대보다 조금 더 분비됨을 알 수 있었다.

전체적으로 광나무 꽃에서 총 화밀량은 1회 채취하였을 때, 꽃 하나에서 1.07 ul가 분비되고 건조 화밀량은 0.15 ul가 분비되었으며 총 화밀량에서 함유율은 평균 86%를 나타냈다. 총 화밀량은 기후적인 요인에 의해 가변적이므로 수종 또는 개체 간의 비교에 의해 많고 적음의 판단은 어려우나, 화밀의 수분 함량 및 당 함량 등이 꿀벌 또는 수분매개자들의 섭식에 영향을 주기 때문에 밀원수종으로의 가능성을 판단하기 위해서는 조사가 꼭 필요하다(Pacini et al., 2003).

또한 광나무의 건조 화밀량은 12년생 피나무의 건조 화밀량인 2.0±1.0 ul, 13년생 섬피나무의 건조 화밀량 1.0±0.4 ul와 비교하였을 때 상대적으로 적었다(Kim et al., 2012; 김 등, 2013). 광나무 꽃과 달리 피나무와 섬피나무 꽃은 연속적으로 3~4번 화밀을 채취할 수 있는 꽃 구조를 가지고 있었기 때문에 상대적으로 더 많은 건조 화밀량이 조사되었던 것으로 판단된다. 이와 다르게 광나무 화밀은 꽃에서 한 번 채취한 화밀량이기 때문에 꽃에서 분비할 수 있는 최소한의 화밀량을 나타낸 것이다. 또한 광나무 꽃의 수정이 이루어질 때까지 수분매개자들의 섭식과 화밀의 분비

가 반복되기 때문에 꽃 하나에서 분비되는 화밀량은 본 연구 결과보다 더 많은 화밀량이 분비될 것이라고 판단된다.

Nepi and Stpiczynsk(2007)에 의하면 식물체는 환경 변화에 따라 화밀농도의 항상성을 유지하기 위해 노력한다. 그 이유는 생태적으로 화분매개곤충을 유인하고, 당의 농도를 조절하여 식물체에 대한 에너지 균형을 유지하기 위함이라고 보고된 바 있다. 따라서 밀원수종의 선발 또는 개체 선발을 위해서는 기상인자에 영향을 많이 받는 총 화밀량보다는 조금 덜 받는 건조화밀량이 주요 판단인자가 되어야 할 것으로 판단된다(Kim *et al.*, 2012).

꽃에서 분비되는 화밀 분비량은 크게 2가지 요인에 의해 좌우된다. 첫째는 환경 요인인 온도와 상대습도, 두 번째는 식물 자체적인 화밀의 선택적인 재흡수이다. 본 연구결과에서는 화밀 분비량과 기상요인간의 상관관계를 확인할 수 없었지만, 환경요인은 분비되는 화밀량에 복합적으로 영향을 줄 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 밀선에서 나오는 화밀이 상대습도에 의해서 화밀 농도가 유지되는 경향이 있으며 대부분 낮은 상대습도는 수분 증발을 일으켜서 화밀을 농축시키고, 높은 상대습도는 화밀을 묽게 하지만 예외적으로 낮은 상대습도에서도 높은 당도에 도달하지 못한 경우도 있다(Corbet *et al.*, 1979). 또한 온도는 직·간접적으로 광합성효율과 관련하여 화밀 생산에 영향을 주며(Burquez and Corbet, 1998), 낮은 온도에서 화밀분비가 감소하는 것이 일반적이나 높은 온도에서 감소하는 경우도 있다(Freeman and head, 1990; Jakobsen and Kristjansson, 1994). 이러한 연구 결과를 토대로 기후, 환경 조건과 더불어 꽃의 구조와 생리학적 특성들을 연관시켜 화밀분비에 관한 연구를 지속적으로 수행해야 할 것이다.

적 요

본 연구는 광나무의 밀원수종 개발 연구의 기초자료를 확보하고자 전라남도 완도수목원에 식재된 광나무를 대상으로 꿀벌 방화와 화밀분비 등 밀원수종의 가능성을 조사하였다. 2014년 광나무의 개화와 화

밀이 분비되는 기간은 8일이었다. 전체 방화곤충 중에서 꿀벌 방화 비율이 57%를 나타냈으며, 하루 평균 개화지 한 개에서 173.8마리의 꿀벌 방화가 조사되었다. 꿀벌과 기타 방화곤충의 방문은 강한 정적 상관(0.870, $p=0.01$)을 나타냈으며, 꿀벌의 방화는 온도와 부의 상관(-0.508, $p=0.01$)을 나타냈고 상대습도와 정적 상관(0.517, $p=0.01$)을 나타냈다. 꽃 한 개의 총 화밀량의 중위수 값은 1.07 μ l가 분비되었으며 건조화밀량은 0.15 μ l가 분비되어 총 화밀량의 함수율은 평균 86%로 나타났다.

광나무는 벌꿀 생산에 직접적으로 영향을 주는 꿀벌 방화와 건조화밀량 특성을 고려하였을 때 주요 밀원수종보다는 보조 밀원수종으로서 분류할 수 있으며, 이러한 특성 결과들을 토대로 밀원소재로서의 가능성을 확인할 수 있었다.

인 용 문 헌

- 김문섭, 김세현, 송정호, 김혜수. 2013. 섬피나무의 꿀벌 방화 및 화밀 분비 특성과 기상과의 관계. 한국양봉학회지 28(5): 333-337.
- 김문섭, 김세현, 송정호, 김혜수. 2014. 밀원수종 쉬나무 수꽃과 암꽃의 화밀분비량, 당 함량 및 아미노산 분석. 한국임학회지 103(1): 43-50.
- 김윤정, 이유리, 천중우, 이현상. 2010. 피부 섬유아세포에서 광나무 추출물의 항 노화 효과. 대한화장품학회지 36(4): 295-301.
- 이창복. 2006. 대한식물도감 上. 향문사. pp. 914.
- 이혜선, 고성미. 2010. 광나무 열매 추출물을 이용한 견직물의 염색성. 한국염색가공학회지 22(1): 71-76.
- 정영호, 김기중. 1984. 한국산 피나무속 식물의 개화과정과 수분기작. 한국 식물학회지 27: 107-127.
- 조정옥, 정인창. 2006. 광나무 잎의 페놀성 화합물. 한국식품영양과학회지 35(6): 713-720.
- 한진규, 강문수, 김세현, 이갑연, 백을선. 2009. 경기도 수원 지역 야까시나무의 개화, 꿀벌방화 및 화밀분비 특성. 한국양봉학회지 24(3): 147-152.
- 황수목, 최승윤. 1988. 박태기나무 꽃에서의 꿀벌의 방화할 등과 기상과의 관계. 한국양봉학회지 3(2): 7-10.
- Avetisyan, V.E. 1979. Characteristics of variation of the form of the lateral nectaries in *Arabis*. Biologicheskii Zhurnal Armenii. 32: 582-585.
- Bayer, A. 1905. Beitrage zur ayatematischen Gliederung der Cruciferen. Belhefte zum Botanischen Zwntralblatt. 18: 119-180.
- Beutler, R. 1953. Nectar. Bee World. 34: 106-116, 128-136.

- 156-162.
- Burquez, A. and S.A. Corbet. 1998. Dynamics of production and exploitation of nectar: lessons from *Impatiens glandulifera* Royle. In: B. Bahadur (Ed.), Nectary biology pp. 130-152.
- Corbet, S.A., P.G. Willmer, J.W.L Beament, D.M. Unwin and O.E. Prys-Jones. 1979. Post-secretory determinants of sugar concentration in nectar. *Plant Cell and Environment* 2: 293-308.
- Fahn, A. 1988. Secretory tissue in vascular plants. *New Phytologist*. 108: 229-257.
- Freeman, C.E. and K.C. Head. 1990. Temperature and sucrose composition of floral nectars in *Ipomopsis longiflora* under field conditions. *Southwestern Naturalist* 35: 423-426.
- Han, J., S.H. Kim, M.S. Kang, C.S Kim and E.S. Baik. 2010. Flowering and nectar characteristics of *Tilia amurensis* Rupr. and *Tilia manshurica* Rupr. et Max. *Journal of Apiculture* 25(3): 216-221.
- Jablonski, B. and K. Szklanowska. 1979. The proposal of changing the method of plant nectar secretion investigation. *zwsz. Nauk.* 23: 105-113.
- Jakobsen, H.B. and K. Kristjansson. 1994. Influence of temperature and floret age on nectar secretion in *Trifolium repens* L. *Annals of Botany* 74: 327-334.
- Kearns, C.A. and D.W. Inouye. 1993. *Techniques for pollination biologists*. University Press of Colorado, Niwot, Colorado.
- Kim, M.S., S.H. Kim, J. Han, M.S. Kang and Y.K. Park. 2011. Honeybee Visit and Nectar Secretion Characteristics of the Chinese Hawthorn, *Crataegus pinnatifida* Bunge. *Journal of Apiculture* 26(1): 11-14.
- Kim, M.S., S.H. Kim, J. Han and J.S. Kim. 2012. Analysis of secretion quantity and sugar composition of nectar from *Tilia amurensis* Rupr. *Journal of Apiculture* 27(1): 79-85.
- Nepi, M. and M. Stpiczynska. 2007. Nectar resorption and translocation in *Cucurbita pepo* L. and *Platanthera chlorantha* Custer (Rchb.). *Plant Biology* 9: 93-100.
- Pacini, E., M. Nepi and J.L. Vesprini. 2003. Nectar biodiversity: a short review. *Plant System Evolution* 238: 7-21.
- Petanidou, T., A.J. Van Laere and E. Smets. 1996. Change in floral nectar components from fresh to senescent flowers of *Capparis spinosa* (Capparidaceae), a nocturnally flowering Mediterranean shrub. *Plant System Evolution* 199: 79-92.
- Sung, H.S., E.S. Kim, K.Y. Lee, M.K. Lee and Y.C. Kim. 2005. A new neuroprotective compound of *Ligustrum japonicum* leaves. *Planta medica* 72(1): 62-64.
- Taina, W., A. Jurgens, R. Geyer and G. Gottsberger. 1999. Nectar dynamics and sugar composition in flowers of *Sliene* and *Saponaria* species (Caryophyllaceae). *Plant Biology* 1(3): 334-345.
- Wolff, D., T. Witt, A. Jurgens and G. Gottsberger. 2006. Nectar dynamics and reproductive success in *Saponaria officinalis* (Caryophyllaceae) in southern Germany. *Flora* 201(5): 353-364.