



밀원식물 아로니아의 개화 특성 및 화밀 분석

김재희, 박영기^{1,*}, 김문섭, 김세현, 김용욱, 송정호

국립산림과학원 산림생명자원연구부, ¹국립산림과학원 산림약용자원연구소

Analysis of Flowering Characteristics and Nectar of Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) as Honey Plants

Jae-Hee Kim, Youngki Park^{1,*}, Moon-Sup Kim, Sea-Hyun Kim, Yong-Wook Kim and Jeong-Ho Song

Department of Forest Bioresources, National Institute of Forest Science, Suwon 16631, Republic of Korea

¹Forest Medicinal Resources Research Center, National Institute of Forest Science, Yeongju 36040, Republic of Korea

Abstract

The objective of this study was to investigate the flowering characteristics, nectar secretion characteristics, and contents free sugar and amino acids of the nectar black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) for use as a honey plant. The flowering period was 14 days, the average number of inflorescence was 330.5, and the flowering number was 6,267. The amount of sugar per flower was 21.8 µg on average in flowers collected in 2nd May, 2018. In the total free sugar content, the hexose accounted for 96~97%. The amount of sugar per flower and the amount of flowering can be calculate to produce about 1.298 kg/ha of honey. Amino acid content was dominated by proline, asparagine, glutamic acid and glutamine.

Keywords

Aronia melanocarpa, Nectar secretion, Sugar contents, Amino acid contents, Honey potential

서론

아로니아는 장미과(Rosaceae)에 속하는 낙엽 관목으로 블랙쵸크베리(Black chokeberry, *Aronia melanocarpa*)와 레드쵸크베리(Red chokeberry, *A. arbutifolia* (L.) Pers.)의 2종이 있다. 우리나라에서는 주로 블랙쵸크베리가 재배되고 있다. 블랙쵸크베리는 90~180 cm의 관목형태로 꽃은 흰분홍색으로 5~6월에 개화하고, 열매는 9월에 보랏빛의 검은색으로 익는다. 반면, 레드쵸크베리는 열매가 밝은 붉은 색을 띠며, 겨울이 지나도록 열매가 붉게 달려있는 것이 특징이다(Adam *et al.*, 2010).

아로니아는 19세기 러시아에서 처음 소개되어 구소련과 동유럽에 전파되면서 식품적 가치가 높아 잼, 주스, 와인 생산 등 가공식품 생산의 원료가 되었다. 또한 아로니아는 천연물감의 재료로 사용되기도 했으며, 1986년 스

웨덴에서 상업적으로 재배가 이루어졌다(Kask, 1987; Jeppsson, 2000a; Jeppsson, 2000b; Hovmalm Persson *et al.*, 2004; Scott and Skirvin, 2007; Adam *et al.*, 2010). 아시아에는 1976년 구소련으로부터 일본에 처음 도입이 되었으며, 현재 열매 생산량이 높은 ‘Viking’, ‘Nero’와 ‘Aron’ 3가지 품종이 주로 재배되어 이용되고 있다(Jeppsson, 2000a; Tanaka and Tanaka, 2001; Scott and Skirvin, 2007).

아로니아 열매에는 폴리페놀성 물질이 많고 다른 베리류보다 안토시아닌 함량이 매우 높아 장기간 섭취 시 항산화 및 항염증 활동으로 심장질환의 위험을 낮추고, 폐, 신장, 간을 포함한 신체 조직을 보호해준다고 알려져 있고, 플라보노이드 또한 일부 바이러스에 직접 저해 활성을 갖는 것으로 알려져 있다(Zhao, *et al.*, 2004; Choi, *et al.*, 2016). 아로니아 열매의 폴리페놀성 물질 연구와 그 기능성에 대해 알려지면서 아로니아의 수요 증가와 함께

재배면적도 2015년에는 317.1 ha로 증가하였다.

아로니아는 열매뿐만 아니라 꽃에서 생산되는 화분을 산물로 이용하고, 특히 밀선에서 화밀이 분비되어 꿀벌들의 먹잇감으로 이용하고 있다(USDA, 2018). 일반적으로 꽃의 밀선(nectary)에서 분비되는 화밀은 수분 80%와 당(sugar) 20% 정도 차지하고 있으며, 그 외에 아미노산, 유기산, 단백질, 지질, 비타민, 미네랄 등이 포함되어 있다(Kim *et al.*, 2017). 화밀을 구성하고 있는 물질 중 당은 꿀벌이 섭식과 소화생리활동을 통해서 인간이 먹을 수 있는 벌꿀 생산에 기여하고, 아미노산의 경우 화밀을 구성하는데 작은 비율을 차지하고 있으나 수분매개자 방문에 중요한 역할을 한다고 보고되고 있다(Nicolson *et al.*, 2007). 아로니아의 꽃 크기는 작지만 본당 꽃의 수는 많은 편(성목의 경우 20,000개의 꽃을 생성)으로 꽃 하나당 1 mg의 당분이 생산되며 성목의 경우에는 약 20 g의 당분을 공급할 수 있다고 한다(Jablonski *et al.*, 1994).

화밀에 대한 연구는 국외에서 Beutler (1953)로부터 시작되었고, 국내에서는 정과 김(1984)이 한국산 피나무속 식물을 대상으로 개화과정과 수분기작에 대한 연구를 시작하였다. 그리고 아까시나무, 헛개나무, 황칠나무, 산사나무, 밤나무 등 다양한 수종을 대상으로 화밀에 대한 연구(Han and Kim, 2008; Han *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2017)들이 이루어졌으나 아로니아의 화밀과 꽃 특성에 대한 내용과 밀원적 가치에 대한 자료는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 아로니아를 대상으로 꽃에서 분비되는 화밀의 양적인 데이터와, 유리당 함량과 아미노산분석, 그리고 개화 및 꽃 특성을 조사하여 개체목당 화밀의 당 함량을 제시하여 아로니아의 밀원적 가치를 평가하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 연구에서는 국립산림과학원 산림생명자원연구부 아로니아 클론보존원(경기도 화성시 매송면 어천리 소재)에서 식재된 10년생 아로니아 10개체를 조사목으로 선정하였다. 총 10본의 조사목에서 개화특성, 화서특성을 조사하였으며, 화밀특성 조사는 3반복으로 개화기간 중 개



Fig. 1. A picture of envelopes wrapped in *A. melanocarpa* flowers.

화율이 70~90%일 때 하였다.

2. 개화 및 꽃 특성 조사

아로니아 개화시기를 구명하기 위해 개화시작일, 개화 50% 진행일, 만개일 그리고 개화종료일을 나누어 조사하였고, 개화기간 동안 화서특성(화서 수, 화서당 꽃 수)을 육안으로 관찰하였으며, 한 그루당 꽃의 수를 예측하였다. 꽃 특성 조사는 개체당 20개의 꽃을 채취하여 꽃의(길이, 너비), 꽃자루 길이, 꽃잎 수, 꽃잎(길이, 너비), 수술 수, 암술 수를 조사하였다. 꽃의 길이와 너비 측정은 디지털캘리퍼스(CD-15CX, Mitutoyo Co., Japan)를 사용하였다.

3. 화밀 분비량 조사

꿀벌 및 방화곤충에 의하여 아로니아 꽃의 화밀손실을 방지하기 위하여 조사목당 3개씩 교배봉투를 씌웠으며(Fig. 1), 화밀 분비량을 수집하기 위하여 개화한 꽃의 수를 파악하고 수술과 꽃잎을 제거한 후 원심분리기(EBA 21, Hettich, Germany)를 이용하여 2,000 rpm으로 5분간 처리하여 화밀을 분리하였다. 분리된 화밀은 정량화하여 꽃 하나당 화밀량을 측정하였으며, 남은 화밀은 500 μ L microliter syringes (Hamilton, USA)를 이용하여 80% 에탄올로 10배 정량하여 고정시켰으며, 에탄올을 혼합한 화밀을 0.45 μ m membrane filter (Sigma-aldrich, USA)에 넣고 원심분리기를 이용하여 1,000 rpm으로 10분간 걸러 순수한 화밀을 얻은 후 초저온냉동고(-70°C)에 보관하였다.

Table 1. Flowering characteristics of *A. melanocarpa*.

Characteristics	Early blooming	Half blooming	Full blooming	Close blooming	Total flowering period (days)
	23-Apr.	28-Apr.	02-May	10-May	14

Table 2. Flower characteristics of *A. melanocarpa*.

Characteristics	Peduncle length (mm)	Flower		Petal			Stamen (ea)	Pistil (ea)
		Length (mm)	Width (mm)	Number (ea)	Length (mm)	Width (mm)		
	10.5 ± 3.1	6.8 ± 1.3	13.4 ± 1.8	5.0 ± 0.2	5.7 ± 0.7	5.3 ± 0.6	18.5 ± 1.6	4.0 ± 0.9

4. 유리당 함량 분석

수집된 화밀 시료는 HPLC (Dionex ultimate 3000, Dionex, USA)를 이용하여 분석하였다. 이동상으로는 3차 증류수를 사용하였고, 유속은 0.5 mL/min으로 하였으며, 오븐 온도는 80°C로 설정하였다. 칼럼은 Aminex HPX-87P (300 mm × 7.8 mm/Bio-rad, USA)를 사용하였고, RI (RI-101, Shodex, Japan) 검출기로 검출하였다. 함량은 적분계에 의한 외부표준법으로 계산하였으며, 표준물질로 Sucrose, Glucose, Fructose (Sigma-Aldrich, St. Louis, Mo, USA)를 사용하였다.

5. 아미노산 분석

채취된 화밀 시료의 아미노산을 O-phthalaldehyd (OPA)-Fluorenyl methyl chloroformate (FMOC) 유도체화하여 분석하였다. Borate buffer, OPA/Mercaptopropionic acid (MPA), FMOC 시약에 시료를 단계적으로 혼합한 다음 HPLC (1200 series, Agilent, USA)를 이용하여 분석하였다. 이동상은 10 mM Na₂HPO₄, 10 mM Na₂B₄O₇ · 10H₂O가 포함된 A용액 (pH 8.2)과 Water : Acetonitrile : Methanol = 10 : 45 : 45로 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. 유속은 1.5 mL/min로 하였고 주입량은 1 mL 설정하였으며, 컬럼 온도는 40°C로 설정하여 Inno column C18 (Innopiatech, Korea)을 사용하였다. 검출기는 자외선 338 nm에서, OPA 유도체의 방출파장은 450 nm, 여기파장은 340 nm, FMOC 유도체의 방출파장은 305 nm, 여기파장은 266 nm에서 검출하였다.



Fig. 2. Picture of a honeybees getting honey from *A. melanocarpa* flowers in form of a corymb.

결과 및 고찰

1. 개화 및 꽃 특성 조사

아로니아의 개화 특성은 개화시작, 개화중간, 만개일과 개화종료로 나누어 조사하였고, 그 결과는 Table 1과 같다. 아로니아 꽃의 개화는 4월 23일에 시작하여 5일째 되는 날에 개화가 반이 진행되었고, 9일째 되는 5월 2일에 만개일이였다. 개화는 5월 10일에 종료되어 개화시작에서 종료까지 약 14일의 개화기간을 나타냈다. 아로니아 꽃은 5~6월에 핀다고 알려져 있으나 (Adam *et al.*, 2010), 본 연구에서 조사된 바로 약 3주 정도 빨리 개화가 되어 온난화 문제로 인한 우리나라 기후를 고려하여 개화시기의 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 생각된다.

아로니아 꽃의 8가지 형질을 측정된 결과는 Table 2와

Table 3. Flowering and inflorescence characteristics of 10 individuals in *A. melanocarpa*

	Number of the branch (ea)	Number of the inflorescence (ea)	Number of the flower per inflorescence (ea)	Number of flower per shrub (ea)
Means	21.2 ± 6.5 ^z	330.5 ± 99.1	19.3 ± 3.6	6,267.5 ± 1,679.0
Range	11~35	130~520	14~26	1,820~9,785

^z; Means ± SD**Table 4.** Comparisons of amount of nectar secretion per on flower, Amount of free sugars and sugar contents per one flower according to date of *A. melanocarpa*

Date	Amount of nectar secretion per one flower (μL)	Amount of free sugars (μg/μL)	Sugar contents per one flower ^z (μg)
30-Apr.	0.41 ± 0.14 ^y	32.10 ± 3.65	13.3 ± 5.8
02-May	4.04 ± 0.39	5.40 ± 0.14	21.8 ± 2.1

^z; Amount of nectar secretion per one flower (μL) × Amount of free sugars (μg/μL)^y; Means ± SD

같다. 꽃은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 산방화서 형태로 피며, 흰 분홍색을 띤다. 꽃자루 길이는 평균 10.5 mm, 꽃 하나당 길이/너비는 6.8/13.4 mm였다. 꽃잎의 길이와 너비 범위는 4.0~8.2 mm 분포로 밀원수종인 덩굴딸기보다 꽃이 작은 것으로 조사되었다(Kim *et al.*, 2005). 아로니아와 덩굴딸기는 같은 장미과에 속하는 식물로 동일인 꽃의 형태적인 수치를 나타냄으로써 향후 화밀조사를 같이 비교한다면 꽃 크기에 따른 화밀 생산량 차이를 비교할 수 있을 것으로 생각된다.

개화된 아로니아 10개체의 대해 가지, 화서 수, 본당 꽃의 수를 조사하였다(Table 3). 본당 가지 수는 평균 21.2개로 11~35개의 범위로 나타났고, 화서 수는 평균 330.5개로 조사되었다. Jablonski *et al.* (1994)에 의하면 아로니아 성목의 경우 꽃은 약 20,000개 정도 핀다고 하였으나, 본 연구에서는 평균 6,267개로 측정 되어 상대적으로 적음을 알 수 있었다. 한 그루당 꽃의 개화수가 많으면 꿀벌이 채밀을 하는데 양적인 요인으로 중요할 것으로 생각된다.

2. 화밀 분비량 조사 및 유리당 함량 분석

아로니아 꽃은 크기가 작기 때문에 화밀 손실을 줄이기 위하여 사전에 교배봉투를 씌운 꽃을 오전에 채취하여 조사를 하였다. 아로니아 꽃의 화밀을 얻기 위해 4월 30일과 5월 2일에 두 번에 걸쳐 개화된 꽃을 이용하여 화밀을 채취하였다.

꽃 하나당 화밀분비량과 단위용량당 당함량 그리고 꽃 하나당 당함량은 Table 4와 같다. 4월 30일에 채취된 꽃

에서 꽃 하나당 화밀 분비량은 $0.41 \pm 0.14 \mu\text{L}$ 이었고, 5월 2일에 꽃 하나당 화밀 분비량은 $4.04 \pm 0.39 \mu\text{L}$ 로 약 9.8 배 차이가 났다. Han and Kim (2008)은 헛개나무의 개화 시간에 따른 화밀 분비량을 조사하였으며, Pacini *et al.* (2003)이 화밀분비량 조사는 화밀 내 수분함량 및 당함량 등이 수분 매개자들의 화밀 섭식에 영향을 주기 때문에 화밀분비량 조사는 밀원 수종으로의 가능성을 판단하기 위해 필요하다고 하였다. 이 때문에 아로니아의 화밀조사는 시간에 따라 화밀분비패턴 조사도 추가적으로 이루어져야 될 것으로 판단된다.

HPLC에 의해 조사된 화밀 내 유리당 함량을 분석하여 날짜에 따른 화밀의 단위용량당 당함량을 추정한 결과는 Table 4와 같으며, 4월 30일에 채취된 화밀에서 $32.10 \pm 3.65 \mu\text{g}/\mu\text{L}$, 5월 2일에 채취된 화밀에서 $5.40 \pm 0.14 \mu\text{g}/\mu\text{L}$ 으로 나타났다. 꽃을 채취한 시기에 따라 화밀 분비량이 차이가 나는 이유는 4월 30일에는 날씨가 맑고 습도가 낮았지만 5월 2일에는 날씨가 흐리고 상대적 습도가 높아 수분 함유가 많았던 것으로 생각된다. 그렇기 때문에 날짜에 따른 꽃 하나당 당함량을 추정하기 위해서 화밀 분비량과 총 당함량의 곱으로 산출할 수 있었다. 꽃 하나당 당함량을 추정한 결과는 통계적인 유의성에 의해 5월 2일에 채취한 꽃 하나에서 평균 $21.8 \pm 2.1 \mu\text{g}$ 으로 4월 30일보다 높은 것을 확인할 수 있었다.

황칠나무의 경우, 꽃 하나당 당함량은 $79.4 \mu\text{g}$ 이었고, 쉬나무는 수꽃이 $48.0 \mu\text{g}$, 암꽃이 $37.8 \mu\text{g}$ 을 나타내어서, 이들의 꽃 하나당 당함량이 아로니아에 비해 상대적으로 높음을 알 수 있었다(Kim *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2015).

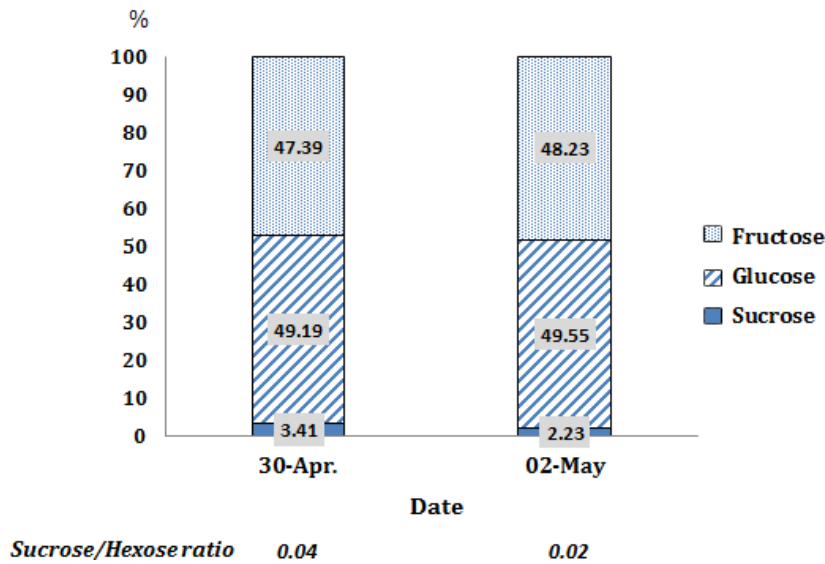


Fig. 3. Ratio of free sugar contents in nectar of *A. melanocarpa*.

Table 5. Estimated sugar contents and honey production in *A. melanocarpa*

	Average estimations			
	Sugar contents of flower (mg/flower)	Flower potential (flowers/m ²)	Nectar potential (kg sugars/ha) ^z	Honey potential (kg/ha) ^y
<i>A. melanocarpa</i>	0.0176	6,268	1.103	1.298

^z; Estimates are based on sugar contents of flower and flower potential measurements

^y; Sugar nectars are transformed in to honey at a rate 85 : 100.

이러한 결과들은 생물학적, 기후적 및 개체요인들에 의해 영향을 받을 수 있기 때문에 상대적 비교를 통해 수종마다 꽃 하나당 당함량을 비교할 수 있다고 보고하여(Kim *et al.*, 2015), 지속적으로 화밀관련 연구를 통해 같은 속간이라도 화밀분비량을 정량적으로 비교를 할 수 있을 것으로 생각된다.

아로니아의 화밀 내 유리당 함량 비율을 나타낸 결과는 Fig. 3과 같다. 날짜에 따라 분석된 유리당 함량비율은 hexose (fructose, glucose) 함량이 sucrose보다 높았으며, 특히 hexose 함량의 경우 전체 유리당 함량의 약 96~97%의 비율을 차지하였다. 아로니아 유리당의 sucrose/hexose 비율은 0.02~0.09를 나타냈고, 이는 전체 화밀의 단당류가 많은 함량 비를 차지하는 hexose-dominant 등급을 보였으며(Baker and Baker, 1982), sucrose-dominant 등급을 보인 *Phaceli tanacetifolia* 종과는 상반된 결과를 보였다(Petanidou, 2003). Chalcoff *et al.* (2006)의 연구결과에 의하면, sucrose/hexose의 비율이 0.09 이하를 나타내는 식물로는 *Rhodophiala mendocina* (0.01), *Aristolelia chilensis*

(0.2) 등 여러 종이 있었다.

Table 5에서는 아로니아의 꽃 하나당 당함량, m²당 개화량, 화밀 생산량 및 꿀 생산량을 추정할 수 있었다. 꿀 생산량 추정은 Petanidou (2003)의 화밀 생산량 : 꿀 생산량 = (85 : 100)비율의 방법으로 산출할 수 있었다. 아로니아 꽃 하나당 당함량은 평균 0.0176 mg을 함유하고 있고, 개화량은 6,268개/m², 꿀 생산량은 ha당 1.298 kg을 생산할 수 있는 것으로 나타났다. 화밀의 생산은 수정이 이루어질 때까지 계속적으로 분비되며, 꿀벌의 채밀활동도 수차례 진행된다고 보고한 바(Kim, *et al.*, 2015), 본 연구결과보다 꿀의 생산량은 더 많을 것으로 판단된다.

2. 아미노산 분석

날짜에 따른 아로니아 꽃의 아미노산 함량비를 분석한 결과는 Table 6과 같다. 개별 아미노산 성분은 Aspartic acid, Glutamic acid, Asparagine, Serine, Glutamine, Histidine, Glycine, Threonine, Arginine, Alanine, GABA, Tyro-

Table 6. Comparison of amino acid content percentage according to date of *A. melanocarpa*

Amino acid (%)	Date	
	30-Apr.	02-May
Aspartic acid	6.8±1.1	5.4±0.2
Glutamic acid	9.8±1.2	5.7±0.3
Asparagine	9.6±0.9	11.8±0.1
Serine	6.9±0.6	6.9±0.1
Glutamine	8.7±1.9	11.0±0.2
Histidine	1.5±0.2	1.7±0.3
Glycine	0.7±0.1	0.8±0.0
Threonine	2.8±0.2	2.7±0.1
Arginine	3.3±0.7	2.2±0.1
Alanine	5.8±0.5	4.8±0.1
GABA	4.2±0.2	4.2±0.3
Tyrosine	0	0.8±0.1
Valine	6.0±0.6	4.4±0.1
Methionine	0	0.6±0.1
Tryptophane	2.2±0.6	2.1±0.2
Phenylalanine	4.2±0.6	2.3±0.2
Isoleucine	7.6±0.7	5.6±0.1
Leucine	5.5±0.9	3.2±0.1
Lysine	1.7±0.5	2.1±0.2
Proline	12.7±1.4	21.7±0.8
Sum	100	100

sine, Valine, Methionine, Tryptophane, Phenylalanine, Isoleucine, Leucine, Lysine, Proline으로 총 20종을 분석했다. 아미노산 함량 비율은 날짜에 따라 조금 다른 양상을 보였는데 전체 아미노산 함량 중 4월 30일은 proline (12.7%), glutamic acid (9.8%), asparagine (9.6%)로 가장 많은 비율을 차지했고, 5월 2일은 proline (21.7%), asparagine (11.8%), glutamine (11.0%)의 비율을 차지했다. Kim *et al.* (2015)의 연구결과에 따르면 황칠나무 화밀의 경우 phenylalanine, glutamine, proline 순으로 많은 함량이 검출되었다고 하였고, 특히 phenylalanine의 경우 67.2%로 특이적으로 높은 결과를 나타내어 본 연구와는 차이가 있는 것으로 나타났다. Proline은 여왕벌의 산란과 곤충의 날개근육 발달에 필요하여 꿀벌들이 proline 함량이 풍부한 화밀에 높은 선호도를 가진다고 하였다(Hrassnigg *et al.*, 2003). Im *et al.* (2016)의 연구에 의하면 식품에서 이용되는 아미노산은 총 20가지 가운데 체내에서 합성이 이루어지지 않고 식품을 통해 섭취해야 하는 필수 아미노산으로 구분한다고 하였는데, 아로니아에서 채취한 화밀에서는 모두 필수아미노산이 함유되어 있음을 알 수 있었다(Table 6).

Alder (2000)의 연구 결과에 따르면 아미노산 조성 과 당도는 수분매개자에게 맛을 결정짓는 중요한 상관관계가 있기 때문에, 아로니아 화밀의 아미노산 조성은 꿀벌 방

화가 영향을 미치는 것으로 생각될 뿐만 아니라, 꿀벌 섭식 행동에 관한 연구도 지속적으로 이루어져야 될 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 아로니아를 대상으로 밀원수종연구에 기초 자료를 제공하고자 개화특성, 화밀분비 특성 및 유리당 함량분석, 아미노산 분석을 조사하였다. 국립산림과학원 산림생명자원연구부 아로니아 클론보존원에 식재된 아로니아의 개화기간은 약 14일로 조사되었다. 10년생 한 나무당 화서 수는 평균 330.5개, 개화량은 평균 6,267개로 나타났다. 꽃 하나당 당함량은 5월 2일에 채취한 꽃에서 평균 21.8 µg이었고, 유리당 전체함량 중 Hexose 함량 비율은 96~97%이었다. 평균 꽃 하나당 당함량과 개화량을 계산하여 ha당 약 1.29 kg의 꿀을 수확할 수 있을 것으로 추정하였다. 아미노산 분석 결과는 proline, asparagine, glutamic acid, glutamine 비율이 우점하는 것으로 나타났다. 본 공시수종인 아로니아는 화밀의 당 함량 및 아미노산 함량비를 고려하였을 때 주요 밀원수종보다는 보조 밀원 수종으로 가치가 있다고 판단되며, 꿀벌 방화조사가 추가적으로 이루어진다면 밀원수종연구에 기초자료로 활용될 것으로 판단된다.

인용 문헌

- Adam, K., J. Zbigniew and M. Luczkiewicz. 2010. *Aronia* Plants: A review of traditional use, biological activities, and perspectives for modern medicine. *J. Med Food* 13(2): 255-269.
- Adler, L. S. 2000. The ecological significance of toxic nectar. *OIKOS* 91: 409-420.
- Baker, H. G. and I. Baker 2008. Chemical constituents of nectar in relation to pollination mechanism and phylogeny. In: N.H. Nitechi (Ed.). University of Chicago Press. *Biochemical Aspects of Evolutionary Biology* 131-171.
- Beutler, R. 1953. Nectar. *Bee World*. 34: 106-116, 128-136, 156-162.
- Chalcoff, V. R., M. A. Aizen and L. Galetto. 2006. Nectar concentration and composition of 26 Species from the temperate forest of South America. *Annals of Botany* 97: 413-421.
- Choi, W. S., S. H. Kwon, S. W. Chung, S. G. Kwon, J. M.

- Park, J. S. Kim and D. Supeno. 2016. Effects of temperature, mother of vinegar, and amount of sugar on *Aronia melanocarpa* chokeberry fermentation. *International Journal of Medical Research and Pharmaceutical Sciences* 3(12): 62-68.
- Chung, Y. H. and K. J. Kim. 1984. Flowering Process and Pollination mechanism of Genus *Tila* in Korea. *Journal of Plant Biology* 27(3): 107-127.
- Han, J., M. S. Kang, S. H. Kim, K. Y. Lee and E. S. Baik. 2009. Flowering, Honeybee Visiting and Nectar Secretion Characteristics of *Robinia pseudoacacia* L. in Suwon, Gyeonggi Province. *J. Apiculture* 24(3): 147-152.
- Han, J. and S. H. Kim. 2008. Flowering and Nectar Secretion Characteristics of Honey Palnt, *Hovenia dulcis* var. *koreana* Nakai. *J. Apiculture* 223(3): 199-205.
- Hrassnigg, N., B. Leongard and K. Crailsheim. 2003. Free amino acids in the haemolymph of honey bee queens (*Apis mellifera* L.). *Amino Acids* 24: 205-212.
- Im, J. Y., S. C. Kim, S. Kim, Y. M. Choi, M. R. Yang, I. H. Cho and H. R. Kim. 2016. Protein and Amino-acid Contents in *Backtae*, *Seoritae*, *Huktae*, and *Seomoktae* Soybeans with Different Cooking Methods. *Korean J. Food Cook Sci.* 32(5): 567-574.
- Jablonski, B., Z. Koltowski and A. Pidek. 1994. Beekeeping value and pollination requirements of *Aronia melanocarpa* Ell. *Pszczelnictwo Zeszyty Naukowe* 38: 25-37.
- Jeppsson, N. 2000a. The effect of cultivar and cracking on fruit quality in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and hybrids between chokeberry and rowan (*Sorbus*). *Gartenbauwissenschaft* 65: 93-98.
- Jeppsson, N. 2000b. The effects of fertilizer rate on vegetative growth, yield and fruit quality, with special respect to pigments, in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) cv. 'Viking'. *Sci Hort Amsterdam* 83: 127-137.
- Kask, K. 1987. Large-fruited black chokeberry (*Aronia melanocarpa*). *Fruit Varieties J.* 41: 47.
- Kim, M. N., S. K. Jang and K. O. Yoo. 2005. Intraspecific Variations of *Rubus oldhami*. *Korean Journal of Plant Resources* 18(2): 260-269.
- Kim, M. S., H. S. Kim, S. D. Kim, S. J. Park, J. H. Song and S. H. Kim. 2015. Pollinator Visit, Characteristics of Secreted Nectar and Analysis of Nectar Sugar and Amino Acid Contents in Flower of *Dendropanax morbifera* Lev. *J. Apiculture* 30(4): 307-314.
- Kim, M. S., S. H. Kim, J. Han, M. S. Kang and Y. Park. 2011. Honeybee Visiting and Nectar Secretion Characteristics of *Crataegus pinnatifida* Bunge, Chinese Hawthorn. *J. Apiculture* 26(2): 163-167.
- Kim, M. S., S. H. Kim, J. H. Song and H. S. Kim. 2014. Analysis of Secreted Nectar Volume, Sugar and Amino Acid Content in Male and Female Flower of *Evodia daniellii* Hemsl. *Journal of Korean Forest Science* 103(1): 43-50.
- Nicolson, S. W., M. Nepi and E. Pacini. 2007. Nectar production and presentation. *Nectaries and Nectar*. pp. 167-214.
- Pacini, E., M. Nepi and J. L. Vesprini. 2003. Nectar Biodiversity: a short review. *Plant System Evolution* 238: 7- 21.
- Persson Hovmalm, H. A., N. Jeppsson, I. V. Bartish and H. Nybom. 2004. RAPD analysis of diploid and tetraploid populations of *Aronia* points to different reproductive strategies within the genus. *Hereditas* 141: 301-312.
- Petanidou, T. 2003. Introducing plants for bee-keeping at any cost? Assessment of *Phacelia tanacetifolia* as nectar source plant under xeric Mediterranean conditions. *Plant System Evolution* 238: 155-168.
- Scott, R. W. and R. M. Skirvin. 2007. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa* Minchx.): a semi-edible fruit with no pests. *J. Am. Pomol. Soc.* 61(3): 135-137.
- Tanaka, T. and A. Tanaka. 2001. Chemical components and characteristics of black chokeberry. *J. Japanese Soci. Food Sci. and Tech.* 48: 606-610.
- USDA. 2018. Attractiveness of agricultural crops to pollinating bees for the collection of nectar and/or pollen. pp. 33.
- Zhao, C., M. Guisti, M. Malik, M. Moyer and B. Magnuson. 2004. Effects of commercial anthocyanin-rich extracts on colonic cancer and nontumorigenic colonic cell growth. *J. Agric. Food Chem.* 52(20): 6122-6128.