

STEAM R&E 연구결과보고서

[도시 양봉을 통한 우리 동네 중금속 오염 정도 측정하기]

2017. 11. 30.

경상대학교사범대학부설고등학교

< 연구 결과요약서 >

과 제 명	도시양봉을 통한 중금속 오염 정도 측정하기
연구목표	학교 옥상에 도시양봉을 위하여 2개 정도의 벌통을 분양 받은 뒤 직접 벌을 키우면서 벌들을 관찰하고 생태 환경을 익히는 동시에, 벌꿀 속에 포함되어 있는 중금속성분을 확인하고, 이를 토대로 우리와 가장 밀접한 먹거리인 꿀의 안전성에 관한 연구를 진행 할 것이다.
연구개요 및 내용	<p><input type="checkbox"/> 이론적 배경 및 선행연구</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 꿀벌이란 꿀을 저장하고 생산하는 벌을 의미하며, 꿀벌로부터 채취한 꿀을 벌꿀이라 부른다. 벌은 꽃의 수분에 관여하여 식물의 생장에 필수적인 존재이며 고대부터 인간에게 밀랍, 프로폴리스, 로열젤리, 꿀 등을 제공해주며 공생해온 존재이다. 양봉은 그러한 꿀벌을 인간이 임의적으로 키우는 것을 말한다. 기존 양봉과는 다르게 도시 지역에서 진행되는 양봉을 도시양봉이라고 한다. 도시는 꿀벌에게 따듯하고 밀도 높은 환경을 제공하며, 꿀벌은 도시의 생태 환경을 향상시킨다. - 중금속이란 일반적으로 비중이 4.0 이상인 금속원소들을 중금속이라 한다. 이러한 중금속 원소들에는 대표적인 Hg (수은), Pb (납), Cd (카드뮴)등등이 있다. - 우리가 집중적으로 살펴볼 원자 방출 분광기의 대표적 2가지 MP-AES와 ICP-OES는 들뜬 전자는 결국 바닥상태로 되돌아가고 싶어 하는 특정 속에서 방출하는 특정 파장의 빛을 분석하는 원리를 통하여 분석된다. 이 두 가지기기 중에 ICP-OES를 선택하여 실험을 진행하였다. - 본 연구에 관한 선행 조사로서 서울시에서 실시한 양봉을 통해 채집한 꿀의 중금속을 분석한 사례가 존재한다. 이 사례는 미량만으로도 치명적인 중금속은 검출되지 않았지만 Fe, Mn 등 적정량 섭취는 가능한 중금속은 미량 검출되었다. <p><input type="checkbox"/> 연구 주제 선정(목적 및 필요성)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 중금속은 도시 생활에서 인류에게 가장 위협이 되는 존재가 되고 있다. 그런데 도심에서 키워진 벌이 생산하는 꿀은 과연 안전한 것일까? 이에 인간과 자연환경에 모두 영향을 주는 벌을 관찰대상으로 설정하여 이러한 환경에서 수분을 하고 꿀을 생산하는 벌은 안전한가? 도시양봉은 이대로 안전한가? 또한 생산품인 꿀은 안전한가? 라는 의문을 해결하고자 한다. 이에 진주의 환경, 벌의 생태, 꿀의 중금속에 관한 조사를 통해서 과연도시양봉을 통한 꿀은 우리에게 안전한 식품인가에 대해 알아보고, 양봉이 문화발전 및 지역사회 등에 기여하게 할 향후 계획까지 세우고자 한다. <p><input type="checkbox"/> 연구방법</p> <p>학교 내 과학 동아리인 개마무사 조별 모임을 통해 도시양봉에 관한 연구를 하기 로 결론 내려 진행하게 됨. 브레인스토밍을 통해서 도시양봉을 통한 중금속 측정 등의 의견을 수렴함. 그 뒤 회의를 거쳐 도시양봉을 주제로 선정하고, 세부적인 연구 방법 등을 토의하게 됨. 대주제와 관련하여 또 다르게 연구할 수 있는 소주제를 정하기 위해 토의를 함. 토의를 통해 벌들의 생태계, 생김새 등 벌에 대해 학생의 신분에서 가능한 범위 내의 연구를 병행하기로 하였음. 이후 연구계획서를 작성하고 연구를 진행하였음. 당번을 정하여 주기적으로</p>

관찰을 하였고, 총 2회의 채밀을 실시함. 창원대학교 공동실습관에 중금속 분석을 의뢰함. 분석결과를 통해 결론을 내리고 최종보고서를 작성함.



학교 옥상에 계상(2층벌통) 2통을 설치



양봉 전문가에게 강의 듣기



벌통속의 벌들, 꿀, 여왕벌 관찰



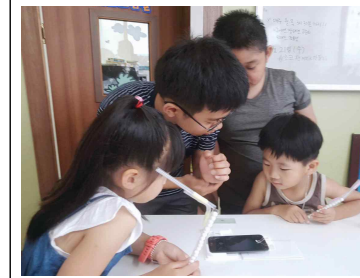
채밀하기(꿀 뜨기)



벌 관찰-프레파라트 만들기



직접 찍은 벌의 다리 사진



꿀을 이용한 봉사활동



꿀 분석을 위한 시료 채취

연구성과

□ 연구 결과

○ 실험 결과 및 연구 결론 제시

	시료 1	시료 2	시료 3	허용기준
As	0	0	0	0.015 ppm
Fe	0	0.00003 ppm	0.00012 ppm	0.8 ppm
Pb	0	0	0	0.025 ppm
Mn	0	0.00005 ppm	0.00058 ppm	-

<시료 1> : 아카시아 꿀. 5월에 채밀이 가능하다. 5월 25일 전문가 입회하에 채밀을 진행했다.

<시료 2> : 밤꿀. 원래 6월 중순에 채밀이 가능하지만 지구온난화로 인해 좀 더 이른 시기에 채밀이 가능했다. 6월 8일 자체적으로 채밀을 진행했다.

<시료 3>: 잠꿀. 다양한 꽃을 밀원 삼아 만들어진 꿀이다. 특정한 꽃의 개화 시기가 아닌 시기에 생산된 꿀을 모두 잠꿀로 분류한다. 2016년 7월부터 12월까지 창원 성산구의 한 고등학교에서 채밀한 꿀이다.

-데이터 비교 및 인과관계 추측

① <시료 1>과 <시료 2>

- i) 채밀 시기에 미세먼지 농도가 증가했거나 토양의 중금속 농도가 증가했을 수 있다.
- ii) 6월은 가좌산 및 다른 밀원지에서 농약을 치는 시기였을 수 있다.
- iii) 아카시아꽃이 밤꿀보다 중금속 정화능력이 뛰어나서 수분에 영향을 미쳤을 수 있다.

② <시료 1>, <시료 2>와 <시료 3>

- i) 훨씬 넓은 규모의 공업화가 진행되었다는 점을 고려했을 때, 산업단지에 의한 환경오염 정도가 꿀의 중금속 함량에 영향을 미친다는 것을 유추할 수 있다.
- ii) 인구 규모에 의한 교통량의 차이도 결과의 변인으로 작용했을 것으로 보인다.
- iii) <시료 1>은 5월 8일부터 5월 17일, <시료 2>는 그 다음날부터 6월 8일까지 비교적 짧은 간격으로 채밀된 꿀이지만, <시료 3>은 7월에서 12월이라는 긴 기간 동안 채밀한 꿀이 모두 섞여 있기 때문에 더 높은 중금속 수치를 기록했을 수 있다.

〈 연구 결과보고서 〉

STEAM R&E 최종 보고서

1. 과제 개요

□ 연구 동기 및 배경

○ 꿀벌은 꿀을 생산하고 저장하는 벌을 일컫는다. 꿀벌은 수분매개활동이 활발하여 작물 수확을 증가시키고 작물의 품질향상과 보존기간 연장에 중요한 역할을 하며 농산물의 존속을 돕는다. 또한 벌이 생산해내는 꿀은 식품, 영양제, 의약품, 화장품, 발효주 등 다양한 분야에 활용가능하며 꿀벌 및 꿀을 교육적·문화적인 다양한 전방산업에 접목시킬 수도 있기 때문에 양봉은 향후 발전가능성이 높은 것으로 평가되기도 한다(이관률, 2015). 이처럼 벌은 세계에서 가장 중요한 생물로 꼽힌다¹⁾. 하지만 밀원감소와 양봉인력 감소, 기후변화, 질병 및 관리부족에 의한 집단폐사, 양봉업자의 육체적 어려움, 기술부족 등을 원인으로 벌의 개체 수는 세계적으로 감소하는 추세다.

이에 대한 해결책으로 등장한 것이 바로 꿀벌 사용을 통한 벌꿀 확보 뿐 만 아니라 도시 환경의 개선까지 꾀하는 도시양봉이다. 도시는 기존의 양봉 환경과는 다르게 더 넓고 따뜻하며 살충제의 위험이 적은 환경을 제공해주며, 벌은 도시의 환경 상태를 향상시킨다. 이러한 상호 작용을 통해 도시양봉은 전 세계에서 주목하는 사업이 되었다.

그러나 최근 환경오염으로 인한 중금속 증가로 인해 식품의 중금속 오염에 대한 우려가 나타나고 있다. 중금속이란 일반적으로 비중이 4.0 이상인 금속원소를 대표적으로 Hg (수은), Pb (납), Cd (카드뮴)을 비롯해서 Cr (크롬), Cu (구리), Ni (니켈), Zn (아연), Mn (망간), Co (코발트), Sn (주석) 등이 있으며, 준중금속임에도 불구하고 비중이 커 중금속으로 분류되는 As (비소), Sb (안티몬) 도 있다. 이들은 대기, 수질 및 토양오염을 유발하며 오염된 지역에서 사용되거나 재배된 식물의 체내에 축적되어 먹이사슬을 통해 허용기준 이상으로 인체 내에 축적되면 만성독성을 유발하며 치명적인 후유증을 남긴다. 이들은 농촌 지역에서 발견되기도 하지만, 주로 도시의 대기와 토양에 더 많은 양이 분포되어 있는 것이 사실이다. 그렇다면 이러한 환경에서 수분을 하고 꿀을 생산하는 벌은 안전할까? 도시양봉은 이대로 안전할까? 또한 생산품인 꿀은 안전할까? 라는 의문을 갖게 되었다. 이에 진주의 환경, 벌의 생태, 꿀의 중금속에 관한 조사를 통해서 과연 도시양봉을 통한 꿀은 우리에게 안전한 식품인가에 대해 알아보고, 양봉이 문화발전 및 지역사회 등에 기여하게 할 향후 계획까지 세우고자 한다.

□ 연구 목적

1) 미국의 환경보호단체 어스워치(Earth-watch)에서는 자체적으로 선정한 '지구상에서 대체불가능한 종 5종' 인 꿀벌, 식물성 플랑크톤, 영장류, 균류, 박쥐 중에서도 꿀벌은 가장 중요한 생물이라고 언급한 바 있다.

<p>□ 시사점</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 우리 먹거리의 대표로 선정된 꿀은 인간이 섭취해도 무방한 아주 미량의 중금속이 검출 되었다. Mn, Fe는 중금속에 해당하지만 적정량 섭취 시 오히려 건강에 좋은 영향을 미친다는 것을 보아 도시양봉의 꿀은 안전하다는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 꿀은 수분 함량이 거의 없어 어떤 오염에도 안전하다고 알려진 것과는 다르게, 그 지역의 오염 정도나 밀원에 따라 중금속 함량이 달라지는 것 또한 알게 되었다. ○ 이번에는 단순히 꿀에 대한 연구만 진행되었지만, 직접적으로 토양, 대기, 물과 맞닿는 다른 작물 및 식품환경에 따라 얼마나 큰 영향을 받을지는 충분히 우려되는 부분이다. ○ 벌을 보존하고, 작물의 질을 높이고, 도시 환경까지 개선할 수 있는 도시양봉이 활발히 진행되는 것은 모두에게 좋은 현상이다. 하지만 파괴되어 가는 자연환경과, 그에 영향을 받는 작물, 식품들의 부작용은 모두 인간에게 돌아온다는 것을 알고, 환경 파괴에 대한 경각심을 가져야 할 것이다. <p>□ 향후 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 밀원에 따라 중금속 여과 차이가 있는 것인지, 아니면 외부 요인에 의해 결정되는 것인지에 대해 추후 연구를 진행하고자 한다. ○ 벌이 수분 과정에서 꽃가루에 미치는 영향과 벌의 몸체의 오염 정도도 분석해 보고자 한다. ○ 우리 지역을 몇 부분으로 나누어 양봉을 실시하여 중금속 분포 지도를 만들고자한다. ○ 성분이 다른 아가시아, 밤꿀이 인체에 미치는 영향에 대해 연구하고자 한다. ○ 양벌과 토종벌의 생태적 차이를 진화론적 관점에서 파악해보고자 한다. ○ 꿀 뿐만 아니라 다양한 요인으로부터 오염될 수 있는 작물, 가축 등에 대해서도 연구를 확장하고자 한다. ○ 추후 좀 더 체계화된 장비와 계획을 통해 다양한 범위의 데이터를 얻고자 한다. 	<p>주요어 (Key words)</p> <p style="text-align: center;">도시양봉, 중금속, ICP-OES, 환경오염, 먹거리</p>
--	---

- 우리는 학교 옥상에 도시양봉을 위하여 2개 정도의 벌통을 분양 받은 뒤 직접 벌을 키우면서 벌들을 관찰하고 생태 환경을 익히는 동시에, 벌꿀 속에 포함되어 있는 중금속 성분을 확인하고, 이를 토대로 우리와 가장 밀접한 먹거리인 꿀의 안전성에 관한 연구를 진행 할 것이다. 비록 우리 학교는 도시에 위치하지만 가좌산 옆에 자리 잡고 있으므로 양봉에 적절한 장소라고 사료된다.

□ 연구내용

- 학교 옥상에 도시 양봉을 직접 실시
인근의 양봉을 하시는 분을 섭외하여 벌을 분양 받아 학교 옥상에 설치하여 직접 양봉을 실시하였음. 조원들이 점심시간을 활용하여 한 번씩 순찰하여 벌들이 잘 생활하는지 직접 관리하였음.
- 벌들의 관찰 및 생태 환경 확인
스마트폰 현미경을 사용하여 벌의 각 부위별 사진을 촬영하여 학우들, 지역아동센터에서 도시양봉에 대해 소개하는 활동을 진행하였음.
- 벌꿀의 중금속 성분 조사
창원대학교 공동실습관의 ICP 장비를 이용하여 꿀벌에 대한 중금속 성분을 실시함. ICP 장비에 대한 기본적인 설명을 들은 뒤 각종 금속에 관한 성분을 알 수 있고, 중금속 성분 측정과정도 함께 배우는 시간을 가지게 됨.

2. 과제 수행 내용

□ 관련 선행연구 조사

가. 꿀벌

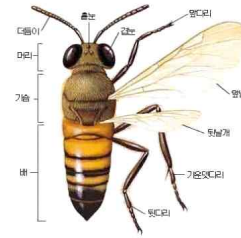
꿀벌이란 꿀을 저장하고 생산하는 벌을 의미하며 꿀벌로부터 채취한 꿀을 벌꿀이라 부른다. 꽃의 수분에 관여하여 식물의 생장에 필수적인 요소이며 오래전부터 인간에게 밀랍, 프로폴리스, 로열젤리, 꿀 등을 제공해주며 공생하는 존재이다. 수많은 육각형 방들이 있는 벌집을 건설하여 군체를 이루며 대다수 일벌과 생식 벌인 수벌, 알을 낳을 수 있는 여왕벌로 구성되어 있다. 일벌과 여왕벌의 경우 독침을 가지고 있으나 일벌의 경우 침을 사용하면 죽는 경우가 많으므로 큰 위협이 가해지지 않는 이상 잘 사용하지 않는다. 천적인 말벌로부터 벌집을 보호하기 위해 무리를 지어 상대적으로 열에 약한 말벌을 에워싼 후 날개 근육을 움직여 온도를 높이는 방법을 이용한다.

(1) 꿀벌의 종류

- (가) 큰 꿀벌 : 아시아 남부에 서식하며, 야외의 나뭇가지 등에 단 1개의 집을 짓는다. 꿀벌 중에서 가장 크고, 공격성이 강하다.

- (나) 작은 꿀벌 : 큰 꿀벌과 같이 아시아 남부에 서식하며, 손바닥 정도의 작은 집을 야외의 나뭇가지 등에 1개 짓는다. 꿀벌 중에서 가장 작고, 온순하여 쏘는 경우도 드물다.
- (다) 서양종 꿀벌(양봉 꿀벌) : 유럽과 아프리카 양 대륙에 서식하며, 양봉업에서 일반적으로 이용되고 있으며, 나무나 바위의 동굴 등 어두운 곳에 집을 짓는 습성을 가지고 있다.
- (라) 동양종 꿀벌(재래 꿀벌) : 아시아에 넓게 서식하고 있으며, 서양종 꿀벌과 매우 유사하지만 약간 작다. 우리나라의 토종벌이 이에 속한다.

(2) 꿀벌의 형태



[그림 1] 꿀벌의 형태

꿀벌의 머리는 가슴과 같은 폭이고 정수리가 길다. 다리는 굵고 앞다리와 가운데다리의 종아리마디는 납작하며 연한 털이 있다. 이 털은 꽃가루 솔의 옆부분을 이룬다. 몸 빛깔은 변화가 있어서 대개는 붉은 황갈색의 가로띠가 있으며 황백색의 잔털로 된 가로띠도 있다.

(3) 꿀벌의 생태

가. 꿀벌의 수명

- 여름 : 노동량이 많아 평균 6~8주 살 수 있다.
- 겨울 : 겨울잠을 자기 때문에 최대 9개월까지 살 수 있다

나. 꿀벌의 역할

- 여왕벌 : 수벌과 함께 새끼를 치는 일을 한다. 여왕벌 1마리가 수만 마리의 일벌, 수벌을 거느리는 계급 사회를 이루며 생활한다.
- 수벌(아들벌) : 여왕벌과 함께 새끼를 치는 일을 한다.
- 일벌(딸벌) : 꿀을 모으는 벌, 여왕벌이 새끼를 낳을 수 있도록 돕는 벌, 새끼를 키우는 벌 등으로 나뉘어 체계적으로 역할을 분담하며 산다.

다. 분봉

분봉이란 간단히 말하자면 새 여왕벌에게 집을 물려주는 것이다. 벌집에 새로운 여왕벌이 나타나면 기존의 여왕벌은 새 여왕벌이 태어나기 전에 벌집에서 약 반 정도의 벌들을 데리고 집을 떠난다. 벌들은 새로 분봉할 장소를 미리 찾아 두고, 정찰벌들을 파견해 분봉 지역을 탐사한 후, 적절한 곳을 찾아 이동한다. 분봉이 시작되면 많은 일벌이 집 입구로부터 밀려 흐르는 것처럼 나와 하늘로 날아오른다. 일벌 때 사이에서 여왕벌이 나오면 본격적인 분봉이 시작된다. 10분 정도를 집 부근에서 이상한 울음소리를 내면서 때 지어 날다가 분봉할 장소에 모이기 시작하여 봉구(蜂球)를 만들고 정지상태가 된다. 1시간 내지 한나절 안에 이사하기 시작하고 거기서 새롭게 집을 만든다. 봄 번식기에 많이 생긴다. 분봉한 벌들은 다른 벌집에 설탕물을 넣고 봉구 근처에 두어 쉽게 수용하거나, 수벌을 없애 의도적으로 분봉을 제한할

수도 있다.

(4) 말벌

말벌은 흔히 꿀벌의 숙적으로 일컬어지며, 강한 맹독이 있다고 알려져 있어 사람들의 두려움의 대상이 된다. 그러나 말벌은 자연 상태에서 꿀벌의 포화상태를 조절하는 생태적 역할을 하고, 꿀벌을 견제하여 수분 균형을 맞춘다. 단독생활의 경우에는 1~2주, 무리생활의 경우에는 2~3년 동안 살 수 있으며, 장수말벌은 1년 남짓 살 수 있다.

라. 양봉

사람들이 벌들로부터 프로폴리스, 밀랍, 꿀, 로열젤리와 같은 부산물을 얻기 위해 꿀벌을 사육하는 활동을 총칭하는 말이다.

(1) 양봉 사업의 가치

- (가) 자연의 자원화 : 벌을 이용해 꿀과 화분을 수집하여 경제적 가치를 부여한다.
- (나) 감미료의 자급화 : 주된 감미료로 사용되는 설탕은 대부분 양을 외국에 의존한다. 꿀은 설탕을 대신하여 우리나라에서 생산할 수 있는 감미료이다.
- (다) 보건제의 생산 : 벌꿀은 동서양에서 약품과 영양제로 애용되고 있다.
- (라) 공업 및 화장품 원료 : 꿀은 공업 재료 및 화장품의 재료로 활용될 수 있는 방안이 많이 존재한다.

마. 당도계

용액 중에 녹아 있는 가용성 고형물의 무게를 %로 표현한다. 당도계는 농도에 따라 굴절하는 빛의 각도를 계산하여 수치로 변환한다. 묽은 용액에서 프리즘은 시료액보다 굴절률이 높아서 크게 굴절하고, 진한 용액에서는 적게 굴절한다. 즉, 당도계는 용액 중에 녹아 있는 가용성 고형분의 농도에 따라 굴절하는 정도의 차이를 비교하여 당분을 측정한다.

바. 중금속

중금속이란 일반적으로 비중이 4.0 이상인 금속원소들을 중금속이라 한다. 이러한 중금속 원소들에는 대표적인 Hg (수은), Pb (납), Cd (카드뮴)을 비롯해서 Cr (크롬), Cu (구리), Ni (니켈), Zn (아연), Mn (망간), Co (코발트), Sn (주석) 등이 있다. 이외에도 화학적으로 금속과 비금속의 중간적 성질을 나타내는 준중금속이지만 비교적 비중이 큰 As (비소), Sb (안티몬) 등도 중금속으로 분류된다. 이들은 지각의 미량성분으로 함유량은 대부분 0.1% 미만이며, 이 중 구리, 아연, 니켈, 코발트 등은 생명체에 없어서는 안 되는 필수원소이고, 납과 수은 등은 비필수원소이다. 그러나 이들 중금속들은 모두 허용기준 이상으로 체내에 흡수되면 인체에 위해성을 나타내며, 환경오염물질로 관리가 필요한 성분들이다.

<http://m.terms.naver.com/entry.nhn?cid=42412&categoryId=42412&docId=296707>

중금속은 대기, 수질 및 토양오염을 유발하고 오염된 지역에서 사육되거나 재배되는 동식물의 체내에 축적되며 먹이사슬을 통해 궁극적으로 사람의 체내에서 고농도로 농축되어 만성독성을 유발한다. 카드뮴, 구리, 납, 비소 수은, 크롬, 6가 크롬, 망간 아연, 철과 같은 중금속에 노출되면 미량이라도 몸 안에 축적되며 생태계에 악영향을 미치기 때문에 우리나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 폐수를 방류할 시 그 함유농도를 규제하고 있다. 이들 중 자연계에는 거의 존재하지 않고 인간의 오염 활동에 의해 방류되는 중금속류에는 카드뮴, 구리, 납, 비소, 수은, 크롬, 6가 크롬 등이 있으며, 이들의 환경배출허용기준도 다른 중금속류에 비해 보다 엄격하게 관리되고 있다. (최성인의 2명, 1994)

중금속은 용존성과 입자성으로 크게 구분되며 입자상보다는 용존성으로 존재할 때 훨씬 쉽게 생물에 흡수되어 심각한 위해를 일으키게 된다. 대부분의 산업폐수는 이런 용존형태로 존재하는 중금속이 주를 이루고 있으며, 이를 제거하기 위하여 화학적 산화 및 환원법, 활성탄 흡착법, 여과법 이온교환법, 전기분해법 등 여러 방법이 있으나 무해한 저 농도 범위까지 완전한 처리를 위해서는 2차 공정 및 복합공정이 필요하다. 보편적인 폐수의 처리방법으로는 화학응집침전법 활성탄흡착법이 사용되고 있으며, 활성탄흡착법은 난분해성 유기물이나 중금속 흡착에 주로 사용되어 진다. 대부분의 2가 양이온 중금속(Cu, Cd, Pb)은 알칼리성에서 안전한 불용성 수산물로 침전, 제거되어 질 수 있으며, 주로 화학적 공침 및 활성탄에 의해 제거되어 진다. (전혜옥, 1992)

(1). 납을 들 수 있는데, 납의 배출원은 아연정련, 건전지 및 축전지 제조, 인쇄공업, 크레용 및 페인트안료, 농약, 자동차 배기가스 등이다. 인체에 미치는 영향은 소화기, 호흡기, 음식물, 피부로 흡수되어 체내에 축적되고 흡수된 납의 99%가 골수에 축적되어 헤모글로빈 생성을 저해하며 말초운동신경 기능을 저하시킨다. 뇌손상 및 행동장애를 유발하기도 한다. 사람의 Pb 함량은 90-400 mg으로 거의 음식물과 대기 중에서 섭취되는 Pb의 총량은 0.3 0.6 mg / l 일로 계산되며, 섭취된 Pb의 경우 흡수율은 6 정도이며 그중 90%가 골격에 존재하며, 혈액에는 15-40 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 정도이고 24시간 뇨로 배설되는 Pb의 함유량은 약 80 μg 이다. 표1. 은 중금속의 특성들이다. (낙엽을 이용한 중금속 이온의 제거에 관한 연구 = A study on the Removal of Heavy Metal Ions by Leaves 저자: 위환)

(2). AS(비소)를 들 수 있다. 비소는 구리와 같이 페·휴 광산 등에 있어서 농작물의 생육에 큰 영향을 줄 수 있으며, 토양의 산화환원 상태에 따라 차이가 있다. 광산에서 유래한 것이 많다. 구리·납·아연 등 광석에는 비소가 함유되어 있으므로 이러한 금속을 정련하는 경우에 비소의 분진이 발생하며, 무기 또는 유기비소화합물과의 접촉·경구·흡입 섭취로 중독될 수 있다. 흡원소물질이 비소의 독성은 약하다. 아비산무수물을 대량 경구섭취하면 몇 시간후에 위경련, 구토, 콜레라양 하제 및 무뇨(無尿), 탈수증 등이 나타나고 이어서 피부창백, 치아노제(cyanosis), 혈압강하 등이 일어난다. 비소는 다른 중금속에 비해 사용량이 상대적으로 적음에

Property	Cadmium (Cd)	Lead (Pb)	Chromium (Cr)	Copper (Cu)
Molecule weight	112.4	207.2	52.0	63.5
Density	8.64 (20℃)	11.34 (16℃)	7.19 (20℃)	8.92 (20℃)
Melting point	320.9℃	327.4℃	1,905℃	1,083℃
Boiling point	767℃	1,750℃	2,200℃	2,570℃

<표 1. 납을 포함한 다른 중금속들의 특징>

도 불구하고, 자연적으로 지하수 및 지표수에 용출됨으로써 오염문제를 야기시키고 있다.

특히, 일부 미생물들은 고정화된 비소를 용출하는데 관여할 뿐만 아니라 그 독성을 증가시키기도 한다. 그럼에도 불구하고 비소로 오염된 지역의 복원은 미생물에 의한 비소의 산화, 환원과 관계가 있다. 하지만 As(III)나 As(V)나 정도는 다르지만 모두 유독하기 때문에 비소의 산화, 환원을 통해서 비소를 완전히 무독화할 수 없으므로 고품질 이나 유기영양생물에 의해 생성되는 유기산이나 Thiobacillus와 같은 미생물에 의해 생성되는 황산을 이용해 비소를 추출하는 방법이 제안되고 있다. (정승원, 2015. 2)

(3). Fe(철분)

사람의 몸에는 모두 합하여 3~4g의 작은 못 1개 정도가 되는 소량의 철이 들어 있는데, 철은 혈액 내의 산소 운반을 담당하는 헤모글로빈을 만드는 데 필수적인 무기질이다.

또한 철분은 근육의 근색소 합성에도 사용되어 근육이 충분한 활동을 할 수 있도록 에너지를 생성해준다. 청소년기에 철분을 잘 섭취해야 하는 이유는 사춘기에 접어들면서 근육량이 늘어나는 정도가 늘어나기 때문이다.

철분은 신경전달물질의 보조인자로도 작용하는데 뇌의 신경신호를 전달하는 호르몬인 세로토닌, 에피네프린, 도파민, 노르에피네프린 등의 호르몬들은 철분이 부족해지면, 그 양이 부족해져 정신적인 면에서 부정적인 영향을 준다.

철이 많이 들어 있는 식품으로는 간·달걀 노른자·살코기·진한 녹색 채소·해조류·노란콩 등이 있다. 철의 흡수율은 매우 낮아 건강한 성인의 경우 섭취한 철의 10% 정도만 흡수된다. 비타민 C를 섭취하면 식물성 식품의 철 흡수율이 높아진다.

일단 흡수된 철은 혈액의 손실이 있는 경우 외에는 우리 몸에서 재사용되며 배설되지 않는다. 철이 부족하면 쉽게 피로해지며, 성장이 지연되고, 숨이 가빠지며, 빈혈 증상이 나타난다. 사춘기 시에는 성장 발달에 문제가 생기고 생리 기능에도 안좋은 영향을 끼친다.

철분을 과다 섭취시 부작용이 나타날 수 있는데 그 부작용으로는 세포손상, 내분비기관 기능 저하 등의 부작용이 나타날 수 있다. 철분 과다섭취시 초기에는 간세포가 손상되었다가

이후에, 심장, 췌장 등에도 영향을 끼칠 수 있으며, 과도한 철분은 면역기능을 억제시킬 수 있다. 육고기를 많이 먹으면 대장암이 증가하는 이유는 고기에 철분이 많이 공급되기 때문이다. 성분량으로 따지면 적정 농도의 5배만 초과해도 치명적인 부작용이 발생한다. (<https://ko.m.wikipedia.org/wiki/%EC%B2%A0#/search>)

(4). Mn

망간은 인체에서 아주 적은 양을 필요로 하는 미량무기질이지만, 철이나 마그네슘 등의 다른 무기질과 마찬가지로 우리 인체를 구성을 하는 중요한 요소 중 하나이다. 우리 몸 안에 들어오면 영구적으로 신경장애를 일으킬 수 있는 독성 금속이다. 한국영양학회의 한국인 영양섭취 기준에 의하면 일일 성인 남성 4.0mg, 성인 여성 3.5mg이다. 하지만 직업상 망간에 노출되지 않는 한 일반인들의 식습관으로는 망간 독성이 생길 확률은 극히 드물다. 망간에 의한 건강장애로는 호흡기를 통한 경로가 가장 많고 위험하다. 소화기로 들어간 망간의 4%가 체내로 축적된다. 체내에 흡수된 망간중 10~20%는 간체 축적되며, 뇌혈관막과 태반을 통과하기도 한다. 초기 증상, 징후에는 무력증, 식욕감퇴, 두통, 현기증, 무관심 등등 망간 중독자의 80%가 성격흥분기를 나타내고, 감퇴현상이 뒤따르고 그 후 무관심상태로 들어간다. 말기에는 글자를 읽을 수 없다. 맥박에는 변화가 올 수 있다.

사. ICP를 이용한 중금속 검사

ICP(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer)의 분석단위는 기본적으로 ppb단위로 분석되어 지며 일반적으로 ICP는 불꽃분석법(Flame method)보다는 검출 한계가 좋은 흑연로 분석법(Graphite furnace method)보다는 검출한계가 약간 떨어진다. 그러나, 시료분석가능원소 수 측면에서 ICP는 AAS에서 분석 할 수 없거나 분석하기 곤란한 P, S, B, Al, V, Ba, Ti, I, Br, N의 분석도 가능하다. 무엇보다도 ICP의 경우에는 직선성(Linear dynamic range)이 AAS에 비해 상당히 우수하기 때문에 시료농도에 크게 상관없이 1개의 시료 중에 포함된 각종 중금속을 빠른 속도로 한 번에 정밀분석을 할 수 있는 장점이 있다.

분광기는 1962년 AAS의 상용을 필두로 1964년, Greenfield 분석도구로 ICP가 사용 되었고 1973년 ICP-OES가 상용되었다. 그후 여러 연구를 통하여 발전되어 ICP-MS가 1983년 상용되었다.

그중 우리가 집중적으로 살펴볼 원자 방출 분광기의 대표적 2가지 MP-AES와 ICP-OES는 들뜬 전자는 결국 바닥상태로 되돌아가고 싶어하는 특징속에서 방출하는 특정 파장의 빛을 분석하는 원리를 통하여 분석된다. MP-AES는 질소 플라즈마를 사용하여 분무된 액체 시료의 원자를 탈용매화하여 원자화 및 들뜨게 합니다. 장점으로는 거의 모든 금속과 대부분의 준금속을 확인 및 정량이 가능하고 안정성이 장점이다. 제한사항으로 동위원소는 확인이 불가하고 ICP-OES보다 생산성이 낮다. 그리고 주요 용도는 석유분석, 폐수 분석, 토양 추출물내 금속, 식품과 음료내의 주 원소를 분석하는데 쓰인다.

유사한 과정을 갖는 ICP-OES는 아르곤 유도결합 플라즈마(최고10,000K)를 사용하여 분무

된 액체 시료에서 원자를 탈용매화, 원자화 및 들뜨게 한다. 광학 검출을 이용하여 표적 원소의 특정 파장에서 방출된 빛의 세기를 측정한다. 장점으로는 적은 아르곤 가스 소모와 안정성, 다원소 동시분석과 넓은 범위를 측정이 가능하다. MP-AES보다 초기비용이 높다. MP-AES에 비해 간섭이 많고 이 또한 동위원소가 확인 불가하다.

ICP-OES는 주로 귀금속 및 금 확인하고 물/토양/퇴적물 환경시료에 대한 다원소 정량 분석과 미량 영양소 함량을 분석할 수 있다. 무엇보다도 중금속을 분석해볼 수 있다. (www.agilent.com)

ICP-OES	
장점	<ul style="list-style-type: none"> 신속한 시료 처리 다원소 동시 분석(최대 73개 원소) 넓은 측정 범위(dynamic range) (sub-ppb부터 % 수준까지) 복잡한 매트릭스에 대한 내성 적은 아르곤 가스 소모 안정성(가연성 가스 없음)
제한 사항	<ul style="list-style-type: none"> AAS 또는 MP-AES보다 높은 초기 비용 MP-AES에 비해 간섭이 많음 혹연로 AAS 또는 ICP-MS보다 낮은 감도 동위원소 확인 불가

그림 2. icp-oes의 특징

유도결합 플라즈마 원자 분광기 일반적인 설정

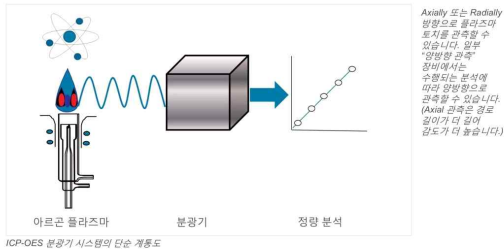


그림 3. icp-oes의 일반적인 설정

아. 선행 연구 자료

본 연구에 관한 선행 조사로서 서울시에서 실시한 양봉을 통해 채집한 꿀의 중금속을 분석한 사례가 존재한다. 이 사례를 보게 되면 중금속이 검출이 되지 않은 사례가 존재한다.

(서울시: <http://opengov.seoul.go.kr/sanction/2148771>)

유도결합 플라즈마 원자 분광기 시스템



그림 4. 사용-용례

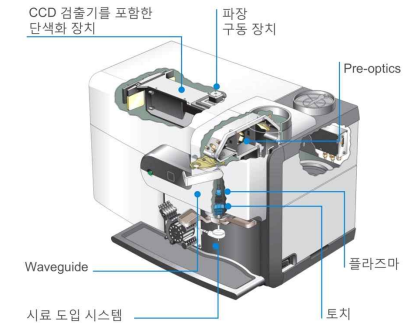


그림 5. mp-aes의 모습

- **검사항목**
 - 중금속 9항목(납, 카드뮴, 비소, 크롬, 니켈, 망간, 철, 구리, 베릴륨)
- **검사방법**
 - 식중공ien 제7, 식중 공 유해물질시험법
 - 시험용액 조제 : 마이크로웨이브법에 의한 습식분해
 - 속 정 : ICP-MS(Inductively coupled plasma Mass Spectrometry)
 - GFAAS(Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry)

III 추진실적

- **중금속 검사결과 보고(1·2차)**
 - 유해 중금속(Pb, Cd, As, Cr) : 모두 불검출
 - 기타중금속(Mn, Fe, Cu, Ni, Be) : 비슷한 수준으로 미량검출
 - 방사능 물질(¹³⁷Cs + ¹³⁷Ce) : 모두 불검출

원소	도시정량(%)		정정량(%)		유용농도(%)		수입농도(%)		식용 기준	약도물 기준	대기 기준
	평균	최대	평균	최대	평균	최대	평균	최대			
Pb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	0.01	0.5
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05	0.005	-
As	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	0.01	-
Cr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.05	-
Mn	1.3	0.1-1.0	5.1	0.2-10.2	2.2	0.2-6.3	1.8	0.2-7.6	-	0.3	-
Fe	1.3	0.1-1.1	1.3	0.1-1.3	1.2	0.2-2.0	1.8	0.1-4.7	-	0.3	-
Cu	0.3	ND-1.0	0.6	ND-1.3	0.2	ND-0.5	0.3	0.1-1.0	-	1	-
Ni	0.3	0.1-0.4	0.3	0.1-0.6	0.4	0.1-1.1	0.5	0.1-1.8	-	-	-
Be	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	-
¹³⁷ Cs	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	300	-	-
¹³⁷ Ce	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	100	-	-

그림 7. 선행연구 자료-2 (서울시)

연구번호	서울시보건의환경부-제03	주무관	공통연구책임관	공동연구책임관	시 정
연구일자	2014.7.28	이원호	조항남	김정환	07.28 수요일
연구여부	도시양봉개	비 고			
연구번호					

서울특별시 환경부-제03
벌꿀 중금속 검사결과 보고(1차&2차)



2014. 7

**서울시보건의환경연구원
(식품안전성팀)**

그림 6. 선행연구 자료-1 (서울시)

□ 연구주제의 선정

○ 연구 진행

- 가. 학교 내 과학 동아리인 개마무사 조별 모임
 - 나. 조별 모임 내에서 회의를 통해 주제 선정
 - 브레인스토밍을 통해서 도시양봉을 통한 중금속 측정 등의 의견을 수렴함. 그 뒤 회의를 거쳐 도시양봉을 주제로 선정하고, 세부적인 연구 방법 등을 토의함.
 - 다. 정해진 주제에 맞는 구체적인 방안 토론
 - 대주제와 관련하여 또 다르게 연구할 수 있는 소주제를 정하기 위해 토의를 함. 토의를 통해 벌들의 생태계, 생김새 등 벌에 대해 학생의 신분에서 가능한 범위 내의 연구를 병행하기로 하였음.
 - 라. 지도교사와 함께 연구 가능성 토론
 - 지도교사와 함께 설정한 연구 주제가 가능성이 있는지 함께 토론하고 경상대학교 공동실습관에 문의하여 실현 가능한 주제인지 적절성을 따져봄.
 - 마. 계획서 작성 및 수정
 - 바. 관찰시작 및 계획에 따른 실험 시작
 - 당번을 정하여 주기적으로 관찰을 하였고, 총 2회의 채밀을 실시함.
 - 사. 결과 분석
 - 창원대학교 공동실습관에 의뢰하여 중금속 분석결과를 가지고 분석을 함.
 - 아. 최종 보고서 작성

□ 연구 방법

○ 연구 방법은 관찰과 실험을 진행하는 것을 방향으로 설정하였음.

가. 도심 속 양봉에 적합한 장소를 찾음.

대표적으로 도시 양봉을 진행 할 수 있는 장소는 마당이 있는 단독 주택이나 옥상이 있는 주택이다. 벌통의 위치로 가장 적합한 장소로는 바람이 잘 통하는 나무 그늘 아래이다. 또한 꿀벌의 활동 반경인 2km 내에 꿀과 꽃가루를 구할 수 있는 화단이나 공원 근처도 적합하다고 할 수 있다. 이러한 점을 고려했을 때, 뒤편에 산이 있는 본교의 위치 특성상 가장 적합한 장소가 옥상이라고 판단하여 옥상에 설치하게 되었다.

나. 양봉에 필요한 준비물을 갖추고 양봉을 시작한다.

연구 과정에서 안전을 최우선으로 하여, 각종 약품 및 알콜솜, 핀셋, 방호복, 방면도 등을 구비하고 옥상 근처에 벌에 쏘였을 때의 대처법을 인쇄하여 붙이는 등 대비를 철저히 하였다.

또한 연구 과정에서 필요한 준비물을 다음과 같이 준비하였다.

광목 개포	봉솔
방충망	소납도
원형 밀여기	6매매소형 채밀기
훈연기	먹이통
화분떡	격리판
화분떡 받침대	비넨볼
밀도	노노스
여왕 격리판	스마트폰 현미경
벌	

<표 2. 연구 과정에서 구매한 준비물 목록 >

다. 일정 기간 후 모인 꿀을 채집한다.

5월 25일에 1차 채밀을 실시하고 6월 8일에 2차 채밀을 진행하였다.

라. 벌들의 관찰 및 생태 환경 확인 - 지역사회 봉사활동과 연계

벌들을 현미경을 사용하여 각 부분별 사진을 촬영하여 학우들, 지역아동센터에서 도시양봉에 대해 소개를 하는 활동을 진행하였음. 벌의 형태에 대하여 전자 현미경을 이용하여 벌의 각 부분(머리, 더듬이, 눈, 다리 등)의 사진을 찍어 보았다.

마. 벌꿀의 중금속 성분 조사

창원대학교 공동실습관의 ICP 장비를 이용하여 꿀벌에 대한 중금속 성분을 실시함. ICP 장비에 대한 기본적인 설명을 들은 뒤 각종 금속에 관한 성분을 알 수 있고, 중금속 성분 측정과정도 함께 배웠음.

□ 연구 활동 및 과정

○ 학교 옥상에 도시 양봉 시설을 직접 설치



학교 옥상에 계상(2층벌통) 2통을 설치함. 방향은 남쪽을 향하고 비를 맞지 않는 곳으로 놓을 곳을 정함. 주로 벌통는 밤에 옮겨야 하고, 한번 정해진 벌통의 위치는 옮기면 안됨. 벌들이 찾아오지 못하는 경우가 많다고 함.



학교 옥상은 여름철 너무 더워서 벌들이 죽거나 산란이 줄어들 수 있기 때문에 두꺼운 스티로폼을 깔아 시멘트 바닥에서 올라오는 열을 차단하는 것이 좋음.



벌통의 뚜껑을 열어서 벌들의 개체수와 운동 상태를 확인함. 꿀이 얼마나 들어 있는지 확인이 필요함.



벌통 위에 비가 오면 벌통이 젖지 않도록 위에 덮어 주는 것이 필요함. 일반적으로 부직포를 사용하지만, 우리는 스티로폼을 사용하였다. 무거운 벽돌을 얹어 바람이 불어도 움직이지 않게 고정하였다.

○ 양봉 전문가에게 강의 듣기



양봉 전문가를 초빙하여 벌통의 구조와 벌의 성격에 대한 강의를 들음. 격왕관, 소초, 소초광, 소비 등에 대한 용어를 배움.



학생들이 전문가에게 소비를 꺼내는 방법에 대해 듣고, 따라함.



소비 위에 많은 벌들을 관찰하고, 여왕벌 수벌 등을 관찰 함.



벌들의 모양과 생김새를 육안으로 관찰하고, 여왕벌의 행동을 살펴보고 관찰함.

○ 채밀(꿀 따기)



벌통에서 소비를 꺼낸다.



채밀기(원심분리기)를 준비하고, 꺼낸 소비를 통 속에 넣는다.



채밀기를 적당한 속도로 돌려서 꿀을 분리한다. 소비를 반대로 돌려서 한 번 더 실시한다.



꿀이 나오면 걸러서 순수하고 부유물이 없는 깨끗한 꿀을 병에 담는다.

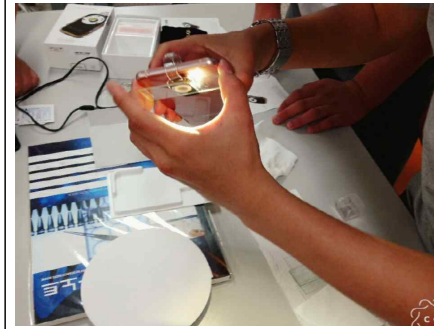
○ 벌 관찰



팀원들이 죽은 벌들을 해부하여 각 부위를 프레파라트로 제작한다.




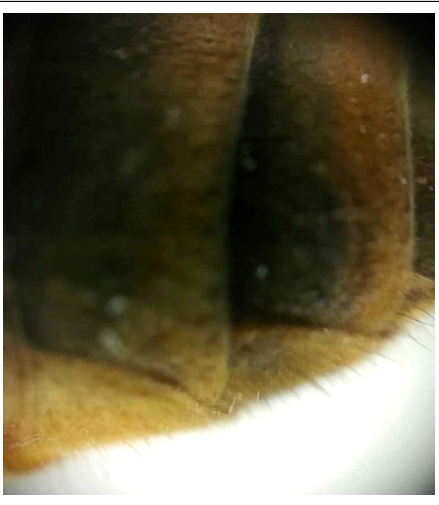
벌을 핀셋으로 해부하여 심장을 꺼내 관찰하기도 하였음. 벌과 심장을 최대한 보존하려고 했으나, 여름철이었기 때문에 사체가 심하게 부패하여 연구 자료로는 쓰지 못했음.



휴대폰에 설치한 카메라를 설치하고, 프로그램을 설치한다.



채밀과 관찰이 이루어 질 때마다 관찰 보고서를 작성함.

	
<p>일반 양벌과 말벌의 날개, 더듬이, 다리 등을 프 레파라트로 제작을하여 관찰을 진행함.</p>	<p>말벌의 몸통을 찍은 사진이다. 말벌의 몸통은 양 벌보다 크기가 컸으며 보다 진한 갈색과 검정색 을 띄었다.</p>

	
<p>벌의 앞쪽 다리를 찍은 사진. 육안으로는 볼 수 없던 털이 촘촘하게 나 있으며, 자잘한 가루가 털 에 붙어있었음. 꽃가루로 추정됨.</p>	<p>벌의 뒤쪽 다리를 찍은 사진. 앞서 관찰한 앞다리 에 비해 얇고 매끈하며 털이 적었음.</p>

○ 도시양봉의 중요성 알리기

	
<p>벌의 날개를 찍은 사진. 얇은 막에 나뭇잎의 결 같은 무늬가 있으며 막에도 털이 나 있는 것을 관찰할 수 있었음.</p>	<p>벌의 더듬이를 찍은 사진. 털이 거의 없고 매끈하 며, 사진 상에서 나타나진 않지만 한번 꺾여 있 다. 조심스럽게 뽑았기 때문에 머리와 더듬이의 연결부위를 보존할 수 있었음.</p>



도시 양봉의 중요성을 알리기 위해 지역아동센터에 방문하여 양봉에 대해 설명을 하고 함께 프레파라트를 관찰하며 꿀벌에 대해서 알아보는 시간을 가지게 되었다.

함께 꿀을 먹으며 질의 응답시간을 가졌음.

3. 연구 결과 및 향후 계획

□ 연구 결과

○ 우리 조의 당초 목표인 연구 결과를 도출하기 위해 창원대학교 공동실습관과 협의하여 ICP-OES를 통해 중금속을 검출하였다. 아카시아 꿀, 밤꿀, 창원시 서산구 소재의 고등학교에서 채취한 잡꿀의 중금속 분석을 의뢰 하였다.

분석 대상인 중금속과, 분석 대상 선정 이유는 다음과 같다.

- As(비소): 농약의 성분으로 알려져 있어, 농약이 사용되었는지에 관한 여부 판단가능.
- Fe(철): 체내에 필수적인 중금속이지만, 과한 섭취를 할 경우 많은 부작용을 초래.
- Pb(납): 중금속 오염 사례중 가장 대표적인 것이 납으로 꼽히기 때문이다.
- Mn(망가니즈): 체내에 필수적인 중금속이지만, 과한 섭취를 할 경우 많은 부작용을 초래.

* 연구단위: ppm이란 parts per million의 약자로 백만분의 일을 의미한다.

1 ppm = 1mg/Kg = 1 mg/L (수질의 경우)

1 ppm = 1L/1000000 L = 1 mol/

1000000 mol

	시료 1	시료 2	시료 3	허용기준
As	0	0	0	0.015 ppm
Fe	0	0.00003 ppm	0.00012 ppm	0.8 ppm
Pb	0	0	0	0.025 ppm
Mn	0	0.00005 ppm	0.00058 ppm	-

<표 3. 중금속 분석 결과 표>



<그림 8. 시료들의 사진>

- 중금속 분석결과 밤꿀에서 Fe(철), Mn(망간)이 미량 검출되었다. Fe가 0.00003 ppm, Mn은 0.00005 ppm으로 검출되었다. 그리고 창원 소재지의 고등학교에서 채취한 잡꿀은 Fe가 0.00012 ppm만큼 검출되었고, Mn은 0.00058 ppm 정도 검출되었다.

○ 시료 데이터 비교

분석된 각각의 시료들의 중금속 함량은 각각 다르다. 이는 각 시료의 채밀 시기, 장소, 밀원에 차이를 두고 있어서라고 판단되었다. 때문에 각 시료의 차이점을 비교해 보고, 그것을 바탕으로 성분 차이에 대한 인과관계까지 추측해보고자 한다.

- 시료 설명

<시료 1> : 아카시아 꽃. 5월에 채밀이 가능하다. 5월 25일 전문가 임회하에 채밀을 진행했다.

<시료 2> : 밤꽃. 원래 6월 중순에 채밀이 가능하지만 지구온난화로 인해 좀 더 이른 시기에 채밀이 가능했다. 6월 8일 자체적으로 채밀을 진행했다.

<시료 3>: 잡꽃. 다양한 꽃을 밀원 삼아 만들어진 꽃이다. 특정한 꽃의 개화 시기가 아닌 시기에 생산된 꽃을 모두 잡꽃으로 분류한다. 2016년 7월부터 12월까지 창원 성산구의 한 고등학교에서 채밀한 꽃이다.

-데이터 비교 및 인과관계 추측

① <시료 1>과 <시료 2>

- 시기, 밀원: <시료 1> 은 아카시아 꽃이 피는 시기에 채밀을 하였고, <시료 2> 는 밤꽃이 피는 시기에 채밀을 진행했다. 성분 차이가 나는 이유는 두 가지로 추정된다.

i) 채밀 시기에 미세먼지 농도가 증가했거나 토양의 중금속 농도가 증가했을 수 있다. 완성도 있는 결론을 위해 채밀시기의 미세먼지 농도, 토양 오염 수준 등의 데이터를 얻고자 하였으나, 창원시와 진주시 모두 미세먼지 및 토양오염 데이터를 제공할 수 없다는 답변을 얻었다.

ii) 6월은 가뭄산 및 다른 밀원지에서 농약을 치는 시기였을 수 있다.

iii) 아카시아꽃이 밤꽃보다 중금속 정화능력이 뛰어나서 수분에 영향을 미쳤을 수 있다.

② <시료 1>, <시료 2>와 <시료 3>

- 밀원, 장소: <시료 1> 은 아카시아 꽃이 피는 시기에, <시료 2>는 밤꽃이 피는 6월에 진주시에서 채밀되었으며 <시료 3>은 불특정 다수의 꽃에 의해 7월에서 12월 사이, 창원시에서 채밀되었다. 여기서 시료 1, 2는 진주시에서 채밀되었다는 점과 5~6월이라는 비교적 짧은 시기 동안 채밀된 꽃이라는 데 공통점을 두어 시료 3과 비교하였다. 성분 차이가 나는 이유는 다음과 같이 추정된다.

i) 창원은 창원국가산업단지가 약 35,435,000 m^2) 규모로 조성되어 있고, 진주는 13,197,579 m^2)규모로 산업단지가 조성되어 있다. 그런데 앞서 서울시의 선행연구사례를 보면 Fe, Mn 모두 진주시, 창원시의 사례보다 현저히 높은 농도를 기록한 것을 알 수 있다. 서울시가 진주, 창원보다 훨씬 넓은 규모의 공업화가 진행되었다는 점을

고려했을 때, 산업단지에 의한 환경오염 정도가 꿀의 중금속 함량에 영향을 미친다는 것을 유추할 수 있다.

ii) 진주시 인구는 2017년 7월 기준 34만 7000여명⁴⁾, 창원시 인구는 2017년 7월 말 기준 105만 7,692명⁵⁾으로, 진주보다 약 3배 많은 수치다. 따라서 인구 규모에 의한 교통량의 차이도 결과의 변인으로 작용했을 것으로 보인다.

iii) <시료 1>은 5월 8일부터 5월 17일, <시료 2>는 그 다음날부터 6월 8일까지 비교적 짧은 간격으로 채밀된 꽃이지만, <시료 3>은 7월에서 12월이라는 긴 기간 동안 채밀한 꽃이 모두 섞여 있기 때문에 더 높은 중금속 수치를 기록했을 수 있다.

○ 결론

중금속의 검출정도가 지역적으로 차이를 보이는 이유는 다음과 같이 추정할 수 있다.

i) 꿀을 채밀하는 시기에 미세먼지 증가·토양오염이 발생하면 꿀의 중금속 함량이 커질 수 있다.

ii) 아카시아 꽃, 밤꽃 자체의 중금속 정화 능력이 다를 수 있다.

iii) 그 지역의 산업단지 및 인구 규모에 따라 꿀의 중금속 함량이 달라질 수 있다.

iv) 채밀한 꿀이 오랜 기간 동안 축적된 꿀이라면, 그렇지 않은 꿀에 비해 중금속 함량이 많아질 수 있다.

우리 먹거리의 대표로 선정된 꿀은 인간이 섭취해도 무방한 아주 미량의 중금속이 검출 되었다. Mn, Fe는 중금속에 해당하지만 적정량 섭취 시 오히려 건강에 좋은 영향을 미친다는 것을 보아 도시양봉의 꿀은 안전하다는 것을 확인할 수 있었다.

그러나 꿀은 수분 함량이 거의 없어 어떤 오염에도 안전하다고 알려진 것과는 다르게, 그 지역의 오염 정도나 밀원에 따라 중금속 함량이 달라지는 것 또한 알게 되었다. 이번에는 단순히

꿀에 대한 연구만 진행되었지만, 직접적으로 토양, 대기, 물과 맞닿는 다른 작물 및 식품이 환경에 따라 얼마나 큰 영향을 받을지는 충분히 우려되는 부분이다.

벌을 보존하고, 작물의 질을 높이고, 도시 환경까지 개선할 수 있는 도시양봉이 활발히 진행되는 것은 모두에게 좋은 현상이다. 하지만 파괴되어 가는 자연환경과, 그에 영향을 받는 작물, 식품들의 부작용은 모두 인간에게 돌아온다는 것을 알고, 환경 파괴에 대한 경각심을 가져야 할 것이다.

□ 향후계획

2) <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%B0%BD%EC%9B%90%EA%B5%AD%EA%B0%80%EC%82%B0%EC%97%85%EB%8B%A8%EC%A7%80>

3)진주시의 모든 산업 단지 규모를 합산한 것. 그러나 6개의 모든 산업 단지는 현재 주변 환경과의 부조화 등을 이유로 침체된 상태이다. 그나마 가장 규모가 큰 상평산업단지에 대해 '상평산업단지 재생사업(2014)'을 제안한 상태다. http://www.jinju.go.kr/06company/04_01.jsp

4) <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=002&aid=0002036469> (프레시안, 2017)

5) <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=011&aid=0003129171> (서울경제, 2017)

- 같은 환경에서 꿀이 생산된다면 중금속의 검출량이 같아야 할 것으로 예상되었다. 하지만 아카시아를 밀원으로 하는 꿀과 밤꽃을 밀원으로 하는 꿀의 중금속 함량은 전혀 다른 결과를 보였다. 아쉽게도 그 원인을 정확히 파악하지 못했기 때문에, 밀원에 따라 중금속 여과 차이가 있는 것인지, 아니면 외부 요인에 의해 결정되는 것인지에 대해 추후 연구를 진행하고자 한다.
- 이번 연구에서는 꿀의 중금속 함량을 분석하는 것으로 끝났지만, 다음에는 벌의 신체 구조와 수분과정을 구체적으로 조사하고, 벌이 수분 과정에서 꽃가루에 미치는 영향과 벌의 몸체의 오염 정도도 분석해 보고자 한다.
- 우리 지역을 몇 부분으로 나누어 양봉을 실시하여 중금속 분포 지도를 만들고자 한다.
- 양봉 동아리를 만들어 학교 학생들에게 도시양봉의 장점과 벌의 소중함을 알리고자 한다.
- 성분이 다른 아카시아, 밤꿀이 인체에 미치는 영향에 대해 연구하고자 한다.
- 양봉에 관한 자료 조사를 진행하던 중, 양벌은 말벌에게 속수무책으로 당하는 경우가 많지만 재래봉은 말벌에 의연하게 대처하는 모습을 보인다는 (한국의 말벌, 정계준) 사실을 알게 되었다. 이에 양벌과 토종벌의 생태적 차이를 진화론적 관점에서 파악해 보고자 한다.
- 꿀 뿐만 아니라 다양한 요인으로부터 오염될 수 있는 작물, 가축 등에 대해서도 연구를 확장하고자 한다.
- 이번 연구에서 가장 아쉬웠던 점은 벌통 설치는 늦었는데 적정 채밀 주기는 정해져 있고, 벌이 8월 중순 탈주하여 비교할 수 있는 데이터가 너무 적었다는 데 있다. 따라서 추후 좀 더 체계화된 장비와 계획을 통해 다양한 범위의 데이터를 얻고자 한다.

○ 기대효과

- 가. 환경에 대한 중요성을 알게 될 것이다.
- 나. 벌들의 모습과 생태 환경을 알 수 있을 것이다.
- 다. 벌들의 생활을 관찰하여 공동체 의식을 가질 수 있을 것이다.
- 라. 우리 학교 주변에 중금속 오염 정도를 확인할 수 있을 것이다.
- 마. 꿀을 이용한 봉사활동을 통해서 과학적 소양과 고마움을 알 수 있을 것이다.
- 바. 벌들을 통하여 환경 알리미로서의 가능성을 확인할 것이다.

○ 사후 활용 계획

- 가. 도시 양봉에 대한 홍보를 할 것이다.
- 나. 벌들의 생태 환경을 통해 환경의 소중함을 홍보할 것이다.
- 다. 우리 지역과 먹거리에 대한 중금속 오염 정도를 확인 홍보할 것이다.
- 라. 다른 종류의 벌들에 관해 연구를 진행할 것이다.

4. 참고 문헌

- 중금속의 정의 (<http://m.terms.naver.com/entry.nhn?cid=42412&categoryId=42412&docId=296707>)
- 최성인, 이정희, 이서래 : 막투과법에 의한 녹차음료의 카드뮴과 납 제거 효과, 한국식품과학회지, 26(6), 740-744, 1994
- 전혜옥 : 수중에서 녹차잎 가루의 Cd(II), Cu(II), 및 Pb(II)이온들에 대한 흡착능, 석사학위논문, 한양대학교 환경과학 연구소 연구보고, 제13권, 75-81, 1992.
- 낙엽을 이용한 중금속 이온의 제거에 관한 연구 = A study on the Removal of Heavy Metal Ions by Leaves 저자: 위환
- 철도 도상재료로서 고로슬래그의 중금속 저감 효율 분석, 정승원, 학위논문(석사)-- 서울과학기술대학교 : 철도건설공학과 2015. 2
- <https://ko.m.wikipedia.org/wiki/%EC%B2%A0#/search>
- www.agilent.com
- 서울시: <http://opengov.seoul.go.kr/sanction/2148771>