

첨단생산기술개발사업 R&D Report

발간등록번호

11-1543000-002125-01

토종벌 정밀양봉을 위한 사물인터넷 기반 원격실시간 모니터링 시스템 개발 최종보고서

2018. 01. 31.

주관연구기관 / 제주대학교
협동연구기관 / 경기대학교

농림축산식품부

2. 제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

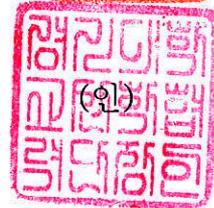
본 보고서를 “토종별 정밀양봉을 위한 사물인터넷 기반 원격실시간 모니터링 시스템 개발”(개발기간 : 2015. 12. 18 ~ 2017. 12. 17)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018 . 01 . 31 .

주관연구기관명 : 제주대학교 산학협력단



협동연구기관명 : 경기대학교 산학협력단



참여기관명 : (주) 진시스템



주관연구책임자 : 임 윤 규

협동연구책임자 : 윤 명 수

참여기관책임자 : 서 유 진

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제고유번호	115058-2	해 당 단 계 연 구 기 간	2015.12.18. ~ 2017.12.17.	단 계 구 분	2년차/ 2년차
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세 부 과 제 명	토종별 정밀양봉을 위한 사물인터넷 기반 원격실시간 모니터링 시스템 개발			
연구책임자	임 운 규	해당단계 참 여 연구원 수	총: 13 명 내부: 2 명 외부: 11 명	해당단계 연 구 개 발 비	정부: 80,000천원 민간: 26,700천원 계: 106,700천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 13 명 내부: 2 명 외부: 11 명	총 연구개발비	정부: 160,000천원 민간: 53,400천원 계: 213,400천원
연구기관명 및 소속부서명	제주대학교 산학협력단 경기대학교 산학협력단			참여기업명	(주)진시스템
위탁연구	-			-	
<p>전통적인 방식에 의존하여 담보된 상태의 토종별 양봉으로부터 봉군의 과학적인 관리, 생산성의 추구를 위하여, 사육상 내부 환경의 실시간·원격모니터링 시스템을 제시함.</p> <p>전통적인 토종꿀벌 양봉은 서양종에서 사용하는 랑스트로스 벌통을 사용하지 않으므로 소비형태의 저밀틀을 사용하지 않음. 이로 인하여 사육상의 형태적 특성상 내검이 용이하지 않았음.</p> <p>위와 같은 이유로 저밀의 정도를 점검할 방법이 마땅치 않아 가을에 단 1회 저밀방을 파괴하여 채밀하였으나 중량센서의 적용으로 그러한 애로사항을 해결하였음.</p>				보고서 면수 192	

최근 낭충봉아부패병의 만연으로 체계적관리의 필요성이 대두되고 있기 때문에 토종꿀벌 양봉에서 사육상 내부의 생육상황을 실시간·원격모니터링할 수 있는 체계를 개발하여 KSBV의 창궐로 토종벌 농가의 피해가 막심한 상황에서 이를 질병관리의 측면에 적용하였음.

사양관리와 질병관리를 꿀벌사양 중 발생하는 생육 신호를 해석하여 그에 대응하는 방식을 제안하고자 함.

상품화의 방향은, 토종꿀벌 사육상에 장착할 수 있는 모니터링용 센서디바이스와 PC·스마트폰용 유저인터페이스를 개발하여 농민친화적인 방향으로 개발을 진행함.

본 시스템의 적용과 체계적인 관리를 위하여 토종벌 개량 양봉상의 보급·도입에 관한 제안을 하였으며, 전통적인 사각벌통에서 개량사육상으로 도입과정을 진행하여 현장에서의 적용가능성을 검증하였음.

토종벌에서의 각 계절별로 정상적인 생육신호를 분석하여 정상치와 환경인자의 최대, 최소 범위를 설정하였음.

질병, 외부기생성 해충 및 분봉, 도봉, 말벌의 침입 등 이상 징후의 발생으로 인한 생육신호의 변화를 분석하여 그에 대응하는 환경인자 변화의 유무를 확인하여 경보 발송 알고리즘 개발을 위한 기초자료를 확립하였음.

상기 언급한 내용을 토대로 토종벌 사육상 생육상태 진단 시스템을 개발하였음.

토종벌 병원성 질병의 신속한 현장 진단을 위하여 초고속 진단 시스템을 개발하였음.

4. 국문 요약문

< 국문요약문 >

		코드번호		D-01		
연구의 목적 및 내용		<p>토종꿀벌의 사육상 내부에 sensor panel을 설치하여, 봉군의 생육상태를 실시간·원격모니터링하고, 이를 통하여 낭충봉아부패병 등 감염병의 징후를 조기에 감지하여 예찰을 통한 초기대응을 가능케 하기 위함이 본 과제의 목적이다. 이를 위하여, 선행연구의 (‘u-IT 융·복합기술 기반 양봉 질병 감시 및 초기대응 체계 개발’, 관리번호 112042- 3) 결과물로 확보된 장비와 시설을 적용하여 아래의 연구를 연차별로 수행하였다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 토종꿀벌사육상 생육환경 모니터링시스템 개발 2. 토종꿀벌에서의 정상적인 생육 signal 분석 3. 질병 징후의 signal 변화 분석과 경고발송 알고리즘 개발 4. 토종꿀벌사육상 생육상태 진단시스템 개발 				
연구개발성과		<p>전통적인 방식에 의존하고 있는 토종꿀벌 양봉으로부터 과학적인 영농과 높은 생산성을 추구하기 위하여, 사육상내부환경의 실시간·원격모니터링 시스템을 제시하였다. 이에 따른 성과물로서는 ‘토종꿀벌사육상에 적용이 가능한 센서판넬’의 제품화와 ‘PC 혹은 스마트폰용 유저인터페이스’이다.</p> <p>또한, 본 연구과제는 결과제시를 통하여 토종꿀 양봉농민들에게 개량양봉상의 보급에 관한 제안을 포함한다.</p>				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)		<ul style="list-style-type: none"> - 전통적인 토종꿀벌 양봉은, 서양종꿀벌의 양봉의 경우와는 달리 소비형태의 저밀틀을 사용하지 않는다. 즉, 가을에 단 1회 행하는 채밀시에 저밀방을 파괴하여 채취하는 것이 이제까지의 토종꿀벌 양태였기 때문에 사육상의 형태적 특성상 내검이 용이하지 않은 상태에서 운용되고 있다. 그러므로, 토종꿀벌 양봉에서 사육상 내부의 생육상황을 실시간·원격모니터링할 수 있는 체계를 제시한다는 점이 본 연구의 가장 큰 기대효과이다. - 생육환경의 핵심이 되는 온, 습도 및 중량센서를 적용한 IoT 기반 생육환경모니터링시스템을 개발하여 일반 토종꿀벌농가에 저렴한 비용으로 보급한다면, 내검을 실시하지 않고도 사육상 내부환경의 모니터링을 통하여, 봉세의 변화나 분봉, 혹은 질병징후를 예측할 수 있으므로 궁극적으로 토종꿀벌산업에도 스마트양봉 시스템을 적용하여 전체적인 생산성을 크게 높일 수 있을 것으로 기대된다. - 또한, 재래식 양봉방식은 저밀의 정도를 점검할 방법이 마땅치 않았으나, 본 시스템의 중량센서의 적용으로 그러한 애로사항을 해결할 수 있다. - kSBV의 창궐로 토종벌 농가의 피해가 막심한 상황에서 이를 질병관리의 측면에 적용하여 사양관리와 질병관리를 꿀벌생육 중 발생하는 신호를 해석하여 그에 대응하는 방식으로 바꿀 수 있게 될 것이다. - 상품화의 방향은, 토종꿀벌 사육상에 장착할 수 있는 모니터링용 sensor system의 제품화이다. 또한, 스마트기기 등을 통하여 일반 토종꿀벌농민도 편리하게 사용할 수 있는 원격제어 system 적용 및 상품화가 주된 사업화 방법이 될 것이다. 				
중심어 (5개 이내)	한글	토종꿀벌(토봉)	사물인터넷	실시간원격모니터링	꿀벌질병	낭충봉아부패병
	영문	<i>Apis cerana</i>	IoT	Real-time remote monitoring	Bee disease	Sacbrood

5. 영문 요약문

< SUMMARY >

		코드번호	D-02			
Purpose & Contents	<p>These studies were aimed to develop an early warning system which could enable rapid diagnosis and early response to infectious diseases such as Sacbrood by applying a remote sensing system for the in-hive environment of the ‘Korean eastern honey bees’ (KHB, <i>Apis cerana</i>).</p> <p>Based on the existing equipment and facilities that have been secured as a result of previous research (The development of surveillance system based on Ubiquitous Information Technologies in Apiculture, IPET, No. 112042-3), the following studies were conducted on an annual basis.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Development of in-hive monitoring system for KHB. 2. Analysis of normal growth signal in KHB. 3. Signal change analysis of warning signs and development of warning sending algorithm 4. Development of an in-hive monitoring system for KHB 					
Results	<p>A remote-real-time monitoring system of the internal environment of the hive was proposed in order to pursue ‘smart farming and high productivity’ from KHB beekeepers relying on traditional methods. This results in, commercialization of a ‘Sensor panel that can be applied to Korean native honeybees’ as a user interface software on PC or smart phone. In addition, this research project suggests the proposal about the distribution of ‘improved beehive’ to KHB farmers through the presentation of results.</p>					
Expected Contribution	<p>In traditional apiculture of KHB, unlike those of western apiculture, they do not use the hive frame, i.e. they have to destroy the honeycombs at the time of harvesting only once in autumn season. Inspection of inner side status is not easy due to the morphological characteristics of the hive.</p> <p>Therefore, the most promising effect of this study is that it provides a system for real-time remote monitoring of the internal micro-environments of the KHB colonies as follows,</p> <p>-Development and distribution of low cost ‘IoT-based growth environment monitoring system using sensors to detect the temperature, humidity and weight, at the core of the in-hive environment. Domestic KHB farmers would be selected to initiate the smart apiary system hence they can predict the sign of disease without inspection of inner hive conditions by applying this system. It will prominently improve the overall productivity in KHB farming.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. In addition, the traditional beekeeping is not suitable for checking the degree of the collection of honey, but the application of the weight sensor of this system can solve such difficulties. 2. The application of the KSBV to the aspect of disease management in the situation where the damage of the tochigi farmers is severely affected by the outbreak of KSBV. 3. The application of this system at the outbreak of KSBV which severely affected KHB farmer, will allow specification management and disease management to be changed into a corresponding manner by interpreting signals of disease. 4. The commercialization directs on monitoring sensor system which can be mounted into the bee hives. Also, application and commercialization of remote control system, which can be used conveniently by ordinary KHB farmers through smart devices, will become the main commercialization method. 					
Keywords	<i>Apis cerana</i>	IoT	Real-time remote monitoring	Bee disease	Sacbrood	

6. 영문목차

< CONTENTS >

Chapter 1 Introduction and summary of the research 8

 Section 1 Research objectives and Purpose 8

 Section 2 Need for research 8

 Section 3 Research performance 9

Chapter 2 The present technical state 10

Chapter 3 Research contents and Results 12

 Section 1 Research Promote Strategy and Methods 12

 Section 2 Research Promote System and Schedule 13

 Section 3 Monitoring system of construction 14

 Section 4 Signal analysis of beehive environment 39

 Section 5 Construction of Diagnostic System for Pathogenic Disease examination in
 Asian Honeybee
..... 70

 Section 6 Results on this research 95

Chapter 4 Object achievement and related fields of their application 103

Chapter 5 Products of the research and their application-plan 108

Chapter 6 Scientific and technical Information of foreign countries 110

Chapter 7 Security level of Results on this research 111

Chapter 8 Research equipments and facilities 112

Chapter 9 Implementation Performance of Laboratory Safety Management · 113

Chapter 10 Research Results in this research 117

Chapter 11 Patents and etc 118

Chapter 12 References 174

7. 본문목차

< 목 차 >

제 1 장 연구개발과제의 개요	8
제 1 절 연구개발의 목적	8
제 2 절 연구개발의 필요성	8
제 3 절 연구개발의 범위	9
제 2 장 국내외 기술개발 현황	10
제 3 장 연구수행 내용 및 결과	12
제 1 절 연구개발 추진 전략 및 방법	12
제 2 절 연구개발 추진 체계 및 일정	13
제 3 절 모니터링 시스템 구축	14
제 4 절 생육 환경 신호 분석	39
제 5 절 토봉 병원성 질병 검사를 위한 진단 시스템 구축	70
제 6 절 연구개발 성과	95
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	103
제 5 장 연구개발의 활용계획 등	108
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	110
제 7 장 연구개발성과의 보안등급	111
제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	112
제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	113
제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구실적	117
제 11 장 기타사항	118
제 12 장 참고문헌	174

<별첨> 자체 평가 의견서

제 1장 연구개발과제의 개요

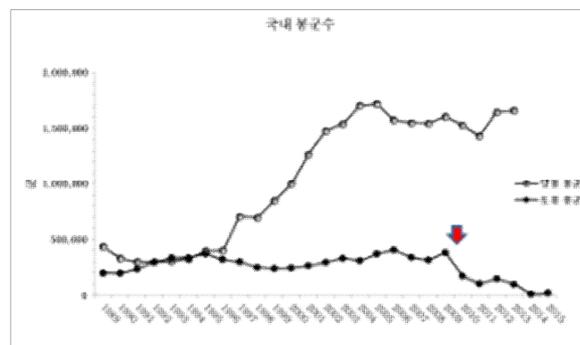
제 1절 연구개발의 목적

본 연구의 최종 목표는 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술을 적용한 생육환경원격모니터링 시스템을 도입하여 토종벌의 생육과 질병에 대한 원격 모니터링과 조기대응이 가능하도록 'IOT 기반 토종벌 생육환경 모니터링 및 질병 진단시스템'을 개발하는 것이다. 이는 경험에만 의존하며 기존의 전통적인 방식으로 운용되어 왔던 토종벌 양봉 경영에 본 시스템의 도입을 통하여 축적된 데이터를 바탕으로 하는 과학적 사양기술의 개발을 제안하고자 하였다. 생육환경감시 및 이상징후의 조기파악을 통하여 궁극적으로 토종벌 농가의 생산성 제고와 사양·경영방법의 개선, 최근 큰 피해를 주었던 낭충봉아부패병 등의 질병에 대한 신속한 대응에 기여할 수 있는 시스템의 개발이다.

제 2절 연구개발의 필요성

토종벌 (*Apis cerana*)은 아시아 남서부가 원산지라 추정되고, 현재는 아시아에 넓게 분포하고 있다. 형태는 소위 양봉꿀벌이라 불리는 서양종 꿀벌 (*Apis mellifera*)과 매우 비슷한데 약간 작다. 집밀력과 사육 가능성 등은 서양종 꿀벌에 비해 떨어지지만 내한성이 뛰어나 아시아 각국에서는 토종꿀벌용 벌통이나 벌집틀 등을 개량해서 사육하는 곳이 많다. 토종벌 농가에서는 한 장소에서 1년을 보내며 꿀도 가을철에 한 번만 채밀하는 고정양봉을 행하고 있다.

토봉농가의 규모 현황은 아래의 표와 같이 30만 내지 40만군을 유지하였으나, 2009 년도의 '토종벌낭충봉아부패병'의 창궐로 토종벌의 95% 이상이 폐사되어 토봉산업이 거의 괴멸되었다 (농림축산식품부, 기타가축통계). 현재는 2014년도에 약 10,000군, 2015년도에 15,000~20,000 군이 잔존하여 겨우 명맥을 이어가고 있는 것으로 추정된다(한국한봉협회 추정).



2009년 토봉의 낭충봉아부패병의 만연으로 토봉군의 대부분이 폐사되었다.

현재 토종벌 농가들이 겪고 있는 가장 큰 어려움은, 꿀벌이 농업에 기여하고 있는 공익적 가치가 매우 크에도 불구하고 토종벌의 산업적 가치가 저평가되어 있다는 점이다. 또한, 서양종꿀벌의 산업규모가 토종벌 산업에 비하여 크므로 토종벌과 토종꿀에 대한 연구는 상대적으로 미미하여 관심과 지원에서 소외된 실정이다.

비록 서양종 단일종 만으로도 현재 꿀벌이 기여하는 생태적, 경제적 역할의 수행이 가능할

것이라는 인식이 있을 수 있으나, 토종 유전자원으로서의 가치와 종 다양성의 중요성 관점에서 토종산업의 보존 및 육성이 필요하다. 일례로, ‘감자무름병’에 취약한 ‘럼퍼’ 단일종을 경작하다 1847년부터 10년간의 기근으로 100만명이 아사한 ‘아일랜드의 대기근’은 적절한 교훈이 될 것이다.

토종별은 생육의 특성상 내검(속살피기)이 용이하지 않다. 따라서 질병이 심화되어 이미 주변 봉군에 전파된 후에야 뒤늦게 감염의 징후가 감지되는 취약성이 상존하고 있다. 그러므로 토종별의 강건성유지 여부와 질병징후의 조기감지가 토종꿀벌 양봉의 육성에 중요한 요소가 될 것이다.

토종별의 건전한 생육상태 유지 및 질병감염 여부를 확인하기 위해서는 정기적인 내검이 수행되어야하나, 서양종에 비해 야생성이 강한 토종의 특성상 이러한 행위가 생육상태를 상당히 교란시키는 결과를 초래할 수 있다. 그러므로 봉군을 교란시키지 않으면서 내부 생육환경을 모니터링할 수 있는 적절한 방법이 마땅히 제시되어야 한다.

IoT 기반 토종별 생육환경 모니터링 및 질병 진단시스템의 개발을 통하여, 봉군의 사육상 내부 환경인자와 질병이나 해충의 침입에 의하여 변화되는 환경인자를 실시간으로 원격 인지하고 이에 따른 신속한 대응에 필요한 관리체계를 구축한다면 이는 양봉현장의 생산성 향상 뿐 아니라 각종질병의 감염 징후를 조기에 모니터링하여 신속히 대처를 할 수 있을 것으로 기대되며, 이러한 기술을 일반 양봉가에 저렴하게 보급할 수 있는 ‘RFID/USN’ (Radio-Frequency Identification / Ubiquitous Sensor Network) 적용 꿀벌질병방제시스템’의 제시에 그 의의가 있다.

제 3절 연구개발의 범위

연구의 내용은 꿀벌의 동면, 활동개시, 육아, 분봉, 채밀활동 등의 단계별 생육활동의 수준을 반영하며 동시에 질병감염, 해충의 침입, 봉군의 건전도를 나타내는 인자를 수집하기 위한 것으로서, 사육상 내의 온도, 습도, 소음, 사육상의 무게변화 및 CO₂의 농도변화를 대상으로 해당 유효신호의 분석을 수행하였다. 이를 위하여 선행과제에서 도출한 꿀벌의 생육환경 모니터링을 위한 USN 양봉 시스템을 도입·적용하였으며, 이를 통하여 정상상태 및 이상상태, 이상생장환경 하에서 봉군에서 나타나는 신호를 분석하였다.

또한, 질병 발생 시 표출하는 신호를 분석하고 예측하여 현장 조기대응을 위한 경고발송 시스템을 제시하고자 하였다. 연구의 범위는 1) 토봉사육상 생육환경 모니터링시스템 개발 2) 토봉에서의 정상적인 생육 signal 분석 3)질병 징후의 signal 변화 분석과 경고발송 알고리즘 개발 4) 토봉사육상 생육상태 진단시스템 개발의 분야를 포함하였다.

제 2장 국내 외 기술개발 현황

농촌인구의 고령화 및 이촌으로 인한 농촌지역의 인구감소는 농업에 종사하는 노동력을 저하시키는 결과로 나타나 농업생산량이 줄어드는 원인이 되고 있다. 과거, 독일의 화학자인 하버에 의해 질소비료가 개발되어, 인구증가량이 식량생산량을 압도한다는 ‘맬서스트랩’ 이론을 붕괴시켰고, 그 여파로 녹색혁명이 일어나 농업생산량은 급증하였다. 그러나 현재 농업은 인구증가와 지구온난화에 따른 1인당 경작지 면적의 감소로 근본적인 한계에 부딪히고 있다.

이러한 상황에서 첨단기술을 농업, 축산에 적용하여 적은 노동력으로 농업생산량을 증대시키고 농업생산품의 고품질화, 고부가 가치화 등을 위해 지능화된 농장인 스마트 팜(Smart farm) 기술이 각광받고 있다.

오늘날의 선진농업은 IoT (Internet of Things), USN (Ubiquitous Sensor Network), RFID (Radio Frequency IDentification) 같은 첨단기술을 융합하여 작물이나 가축의 생육환경을 센서를 통해 실시간으로 측정하여 원격으로 정보를 제공하는 환경모니터링 시스템, 식물의 성장사이클을 분석하여 관수주기, 온도조절과 같은 재배법의 개선방안을 제시하는 방향으로 연구가 진행되고 있다. 최근, 관개수의 무리한 이용으로 인한 사막화, 화학비료와 작물보호제의 남용, 경작지확보를 위한 열대우림의 파괴로 농업에 의한 환경파괴가 증가하고 있다. 이러한 기존의 농업에서 발생하는 문제를 해결하기 위해 실내에 층을 만들어 3차원 공간에서 식물을 재배하는 식물 농장(수직 농장)의 개념이 주목받고 있다. 수직 농장의 경우 태양광원 대신 LED를 이용하며, 온도조절과 관수 또한 모두 인위적인 제어에 의존해야 하기 때문에 첨단기술을 통한 환경의 모니터링과 식물의 성장사이클에 최적화된 환경조절이 필요하며 첨단기술의 적용이 필연적이다. 그 예로 미국에서 테스트 중인 초대형 식물공장인 Aerofarm이 있다. 그 밖에 미국의 캘리포니아 주 식물원 실·내외 환경 관리 시스템이 있으며, 이스라엘의 Phytech사는 식물 생장정보 및 재배 환경을 모니터링하는 센서와 소프트웨어를 개발하여 장미, 포도, 토마토 및 후추 등의 작물에 적용하여 센서를 통해 환경인자를 수집하여 관수 주기, 관수량의 최적화, 온실의 자동온도 조절을 통한 재배법 개선 및 수확량 예측에 이용하고 있다.

첨단 기술을 농업에 도입한 스마트팜 기술은, 생육환경의 분석과 최적화된 환경제어를 통한 생산에 기여할 뿐만 아니라 유통과 소비 분야에도 적용되어 생산품의 안전성·상품성을 높이기 위한 유통정보 추적 시스템이 개발되기도 하였다. 그 예로 일본의 낙농 생산이력 추적 관리 시스템, 프랑스 쇠고기 이력 추적 시스템, 미국 파라마운트 농장에서 재배농가에서부터 매장 입고에 이르는 전 과정에 대한 추적이 가능하도록 RFID 재배자 입고 시스템(GRS : Grower Receiving System)을 들 수 있다. 이와 같이 농업에 첨단기술이 융합된 영역은 채소, 과수, 화훼와 같은 작물부터 축산업까지 적용 범위를 넓혀가고 있으며 그 활용분야 또한 생산뿐만 아니라 유통, 소비로 확장되고 있다.

한편, 양봉업에 한해서는 구체적으로 적용된 시스템이 없어 아직까지도 내검을 통한, 경험에 의존하는 고전적인 양봉경영을 운영하는 실정이다. 양봉산업의 핵심인 꿀벌은 벌꿀·프로폴리스·화분·로얄제리와 같은 양봉산물의 생산을 통한 직접적인 경제효과는 물론이고, 아몬드·

사과·양파와 같은 농작물의 수분작용을 돕는 간접적인 경제효과, 야생 자원식물의 수분을 통한 생태적 가치 또한 막중하다. 전 세계 1,500 여종의 작물가운데 약 30%는 꿀벌 또는 곤충의 화분매개가 필요한 것으로 보고되었다(Buchmaan 1996). 이처럼 양봉산업은 직접적인 생산물의 생산을 포함하여 간접적으로 중요한 역할을 한다. 그러나 최근 봉군붕괴현상(CCD; Colony Collapse Disorder; 꿀벌실종)과 더불어 세균성 부저병, 노제마병, 각종 바이러스에 의한 질병으로 봉군의 감소가 발생하고 있다. 이러한 상황을 타개하기 위해 질병의 정밀진단과 치료에 대한 연구, 발병 억제에 대한 꿀벌 생육환경조절에 대한 연구 등 다양한 연구가 이루어지고 있다. 최근에는 꿀벌의 이상증세가 육안으로 관찰될 정도로 심화되기 이전에 조기에 발견하여 대처하기 위해 벌통 내 생육환경을 실시간으로 모니터링하기 위한 시스템이 개발되는 추세이다. 이러한 시스템을 통한 기대효과로 생육환경의 실시간 파악으로 데이터에 입각한 과학적이고 효율적인 봉군관리가 가능할 것으로 기대된다. 또한 양봉산업은 그 특성상 외부환경에 민감한 꿀벌을 통해 이루어지기 때문에 환경요인의 갑작스런 변화는 생산성 감소를 초래하게 되나 이러한 시스템을 통해서 실시간으로 대응할 수 있게 되므로 양봉산업의 고품질화, 생산성 향상에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

양봉에 첨단기술을 도입하여 모니터링 시스템을 시도하는 해외의 예로는 영국의 Arnia사에서 서비스하고 있는 봉군 내부 온·습도, 소음, 무게를 측정하여 수집된 데이터를 모니터링 할 수 있는 Remote Hive Monitoring 시스템이 있다. 이 시스템은 컴퓨터나 스마트 폰을 이용하여 사용자가 봉군의 세력, 온·습도, 소음, 무게, 주간날씨를 파악할 수 있다. 그리고 미국의 Bee Smart Technologies에서 개발한 채밀시기 예측 시스템이 있다. 이 시스템은 Hihive라는 벌통 중량 측정 장치를 이용하여 15분마다 무게의 변화를 측정하고 무게변화를 모니터링 할 수 있게 제작되었다. 위와 같은 꿀벌의 생육환경조절에 대한 첨단기술 해외 적용 사례를 보면 단순히 센서를 이용하여 환경인자의 모니터링을 하는 단계에는 도달하였으나, 환경의 자동제어 개념의 도입 시도는 상대적으로 미흡한 것으로 보인다.

국내에서는 본 연구진이 진행한 기존 선행연구의 (‘u-IT 융·복합기술 기반 양봉 질병 감시 및 조기대응 체계 개발’, 관리번호 112042- 3) 결과를 통하여 모니터링 시스템이 제안되었으며, 이를 서양종 꿀벌에 적용함을 보고하였으나, 토종꿀벌에 대해서 위와 같은 모니터링시스템을 도입하고자 하는 시도는 없었다. 토종꿀벌, 토봉, 한봉, 토종벌, 재래종으로 불리는 *Apis cerana*의 경우 서양종과 비교하여 양봉산업에서 차지하는 규모가 작기 때문에 상대적으로 소외되어 있는 상황이다. 또한 2009년도에 국내에 창궐한 ‘토종벌낭충봉아부패병’으로 인하여 95% 이상의 토종꿀벌이 폐사하여 현재는 그 산업기반조차 붕괴되고 있으며 멸종위기에 처해있는 실정이다. 이를 극복하기 위해서는 IT 기법을 적용한 모니터링 시스템의 도입을 통하여 체계적인 사양관리와 정밀한 생태분석 및 이상 징후의 조기파악이 현실점에서 시급히 이루어져야 할 것으로 판단되어 본 과제를 수행하고자 하였다.

제 3장 연구수행 내용 및 결과

제 1절 연구개발 추진전략 및 방법

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
1) 토봉사육상 생육환경 모니터링시스템 개발	(1)생육환경 원격모니터링 기반구축 (2)생육환경 데이터 수집/관리시스템 구축 (3)생육환경 모니터링시스템 구축	- 시험양봉장에 데이터 수집 전송시설 구축 - 토봉사육상 내부에 설치가능한 센서패널 개발하여 적용 - 서버 모니터링 프로그램을 웹 기반으로 운용
2) 토봉에서의 정상적인 생육 signal 분석, 확립	(1) 아열대 환경조건: 제주지역 (2) 온대 환경: 한반도 중부지역(수원)	- 분봉, 채밀, 유·무밀기, 동면의 각 단계별 생육데이터의 수집 및 분석 - 데이터를 PC 및 스마트폰으로 전송하여 실시간으로 토봉의 생육상태 모니터링
3) 질병 징후의 signal 변화 분석과 경고발송 알고리즘 개발	(1) 세균성 질병 및 외부해충 침투 (2) 바이러스성 감염 및 내부 해충 감염	- 토봉에서의 정상적인 신호를 근간으로, 질병과 해충 침입시 나타나는 신호변화의 특성을 분석
4) 토봉사육상 생육상태 진단시스템 개발	(1) 데이터기반 생육상태 (봉군의 세력, 질병, 해충침입) 진단시스템 개발 (2) 진단결과 경보전송시스템 개발	- 개발된 알고리즘에 의한 세력의 변동, 질병 등 이상 징후시 경고발송
5) 토봉의 정상상태 신호 분석	(1)생육환경 조성 및 모니터링 기반 구축 (2) 생육환경 모니터링 시스템 구축	- 토봉 생육환경 마련 - 토봉 개량 벌통 마련 및 토봉사육 - 생육환경 모니터링 센서 구축
6) 토봉의 이상상태 신호 분석	(1)생육환경 조성 및 모니터링 기반 구축 (2) 생육환경 모니터링 시스템 구축 (3) 한국산 낭충봉아부패병 바이러스 진단시스템 개발	- 토봉 바이러스성 질병 감염시 진단시스템 개발
7) 토봉의 비상상태 신호 분석	(1)생육환경 조성 및 모니터링 기반 구축 (2) 생육환경 모니터링 시스템 구축 (3) 한국산 낭충봉아부패병 바이러스 진단시스템 개발	- 토봉 바이러스성 질병 감염시 초고속 진단시스템 개발

제 2절 연구 개발 추진 체계 및 일정

번호	연구내용	년차	추진 일정(월)												소속기관
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	토봉사육상 생육 환경 모니터링시스템 개발	1차	■	■	■	■	■	■							제주대 진시스템
	2차														
2	토봉에서의 정상적인 생육 signal 분석, 확립	1차							■	■	■	■	■	■	제주대 경기대
	2차	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
4	질병징후 신호 분석과 경고발송 알고리즘 개발	1차							■	■	■	■	■	■	제주대 경기대
	2차	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
5	토봉사육상 생육 상태 진단시스템 개발	1차							■	■	■	■	■	■	제주대 진시스템
	2차	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
6	토봉의 정상상태 신호분석	1차							■	■	■	■	■	■	제주대 경기대
	2차	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
7	토봉의 이상상태 신호분석	1차							■	■	■	■	■	■	제주대 경기대
	2차	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
8	토봉의 비상상태 신호분석	1차							■	■	■	■	■	■	제주대 경기대
	2차	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		

제 3절 모니터링 시스템 구축

1. 토종벌의 생태와 감소원인

토종벌 (*Apis cerana*)은 아시아 남서부가 원산지라 추정되는 벌목 꿀벌상과의 곤충으로 현재는 아시아에 넓게 분포하고 있다. 형태는 소위 양봉꿀벌이라 불리는 서양종 꿀벌 (*Apis mellifera*)과 매우 비슷한데 약간 작은 것이 특징이다. 서양꿀벌과 비교적 유사한 생태를 가지며 섭취하는 먹이 또한 꽃꿀(nectar)과 화분(pollen)으로 동일하다. 그러나 서양꿀벌과 미세하게 다른 생태를 가진다. 서양꿀벌에 비해 야생성이 강하고 집밀력(꽃꿀을 수집하는 능력)과 사육 가능성 등은 서양종 꿀벌에 비해 떨어지지만 대사효율이 높아 서양꿀벌에 비해 저온에서도 활동 가능하며, 먹이의 소모량이 적어 월동능력이 뛰어나다. 또한 현재 서양꿀벌에서 문제가 되고 있는 꿀벌응애와 중국가시응애와 오랜 시간 상호 대립해 왔기 때문에 서양꿀벌에 비해서 응애를 제거하는 청소능력이 뛰어나 응애에 대한 피해가 매우 적다. 또한 유럽원산인 서양꿀벌에 비해 아시아에 분포하는 장수말벌을 비롯한 다양한 말벌과 오랜시간 조우하여 왔기 때문에 말벌에 대한 집단 방어능력 또한 발달하였다고 알려져 있다. 그러나 서양종에 비해서 외부 환경 변화와 자극에 민감하여 이동양봉은 사실상 불가능하기에 한 장소에서 1년을 보내는 고정양봉을 행하고 있으며 수밀량이 적어 꿀도 가을철에 한 번만 채밀하는 생산형태를 유지하고 있다. 위와 같은 이유로 서양꿀벌의 사양관리와 다르게 주기적으로 내검을 비롯한 관리의 필요성이 적었다. 그러나 최근 토종벌의 전멸을 야기한 주원인으로 지목되고 있는 낭충봉아부패병의 만연으로 토종벌 또한 체계적인 사양관리를 통한 질병의 조기 진단에 대한 필요성이 제기되고 있다.

낭충봉아부패병은 꿀벌의 애벌레가 짓무르게 되고 번데기로 변태되지 못하고 부패하게 되는 꿀벌의 바이러스성 질병이다. 낭충봉아부패병은 전 세계적으로 발생사례가 보고되었으며 동양형과 서양형이 있다. 동양형 낭충봉아부패병 바이러스에 의해서 토종벌 (*Apis cerana*)에 감염이 나타나고 있다. 국내에 확인되기 이전 이미 인도, 동남아시아, 중국, 일본, 러시아 등의 나라에서 극심한 피해가 있어왔다. 토종벌 낭충봉아부패병은 바이러스의 고병원성 또는 토종벌 특유의 민감한 청소능력 때문으로 추정되는 이유로 질병의 전파속도가 빠르고 봉군의 궤멸 속도 또한 빠르게 나타나고 있다. 국내 토종벌에서 2009년 공식적으로 확인된 이후, 아직 마땅한 치료법을 개발하지 못하여 그 피해가 여전히 지속되고 있다. 낭충봉아부패병으로 국내 토종벌은 현재 멸종위기에 처해 있어 2015년도 기준으로 15,000~20,000군이 잔존하여 겨우 명맥을 이어가고 있는 것으로 추정된다(한국한봉협회 추정).

2. 모니터링 환경인자의 선정(선행연구과제 도출 자료)

선행 과제를 통하여 꿀벌의 생육환경을 원격모니터링하기 위하여 현실적으로 이용가능하며, 합리적인 가격의 센서를 통해서 측정이 가능한 환경인자 값으로 온도, 습도, 이산화탄소, 음향,

중량의 항목으로 결정하였다. 기타 진동(230-270Hz), 기류, 행동성변화 등의 물리적 인자와 케라니올향, 페로몬, 유충호르몬, isopentylacetate 등의 특수한 부분은 관련된 심화연구에 유용한 정보를 제공할 수는 있을 것이나, 본 과제에 목적인 양봉현장에서의 적용범위를 벗어나는 것으로 판단되었다. 또한, 이를 측정하기 위한 센서가 제시되어있지 않은 상황이므로 과제의 연구 대상에서 제외하였다.

암모니아(NH₃) 및 황화수소H₂S는 단백질의 부패에서 발생하는 기체로 질병에 감염에 의한 부패와 화분의 부패를 감지 할 것으로 기대하였다. 그러나 H₂S의 농도는 전 기간을 통하여 어떠한 의미있는 수치가 나타나지 않았으며, 매우 고가의 (약 30만원) 센서가 소요된다는 점에서 실용화 가능성이 없다고 판단되었다. NH₃의 농도는 각각 사육상(벌통)의 경우에 따라 불규칙한 값과 변동치를 보였다. 특히, 빈 사육상에 장치한 센서에서도 일교차를 보이기도 하였으며, 센서를 교차하여 측정하였을 때도 뚜렷한 차이를 나타내지 않은 점을 미루어 볼 때, 이 신호값은 사육상자의 목질성분에 의하여 영향을 받기도 하는 것으로 추측되었다. 뿐만 아니라 적용 센서의 NH₃에 대한 특이 반응성과 절대농도의 표출값이 제품에 따라 일정하게 품질관리가 이루어진 정밀한 제품으로 판단되지는 않았다.

온도 : 가장 작은 가축 꿀벌은 냉혈동물이며, 적외선 카메라로 관찰한 바에 의하면, 난방벌은 비행근육을 이용하여 발열시키며 가슴부분을 방 뚜껑에 밀착시켜 최대 30분간 가열한다. 이때 체온은 거의 43℃ 이상으로 올라간다. 생육온도의 범위로 볼 때, 7℃에서 활동이 마비되며, 5℃에서는 12시간 이내에 동사한다. 13℃ 이하에서는 활동에 의한 열보다 손실열이 더 크므로 외부활동을 할 수 없으며 월동을 위한 봉구를 형성하며 발열하여 내부온도를 약 34℃로 유지한다. 한편, 산란 및 육아를 위해서는 우화까지 35℃를 유지하여야 한다. 이는 서양종의 기준으로 토종벌의 경우 기존연구에서 서양종보다는 낮은 온도를 유지하는 것으로 알려져 있다. 사육상 내부가 고온이 될 경우 여왕벌은 산란을 중지하고 일벌은 모든 활동을 중지한다. 그러므로, 하절기에는 날개의 선풍을 이용하여 사육상 내부의 온도를 낮추는 작업을 한다. 여름철에 이동을 하다가 도중에서 식사를 하는 등 쉬게 되면 환기가 잘 되지 않아 발열을 하여 전멸하기도 한다. 또 도봉이 생겼을 때 벌통의 문을 막은 채 뜨거운 햇볕에 여러 시간 방치하면 발열하여 질식사한다. 꿀벌의 군 중식과 관련되어 분봉열이라는 양봉용어는 잘 알려져 있다. 분봉은 근본적으로 꿀벌의 종족번식의 본능에 의하여 일어난다. 먹이, 여왕벌의 능력, 벌 숫자, 기상 등 조건이 갖추어져야 그 본능이 발현된다. 벌의 식구가 늘어나 소상 내부가 좁아지면 봉군의 분봉은 필연적이다. 이때 수벌방이 많이 조성된다. 유밀기에 분봉열이 발생하면 양봉농가로서는 커다란 손실이 발생하므로, 이를 감지하고 조절하는 것이 매우 중요한 사항이다. 분봉열이 발생하면 평소보다 높은 열이 발생한다 하며, 손으로도 느껴진다고 하나 그 온도의 정도가 보고된 예는 찾아보기 힘들다 (Heinrich, 1981). 또한, 월동시에는 봉구를 이루어 온도를 유지한다. 온도의 등락에 따라 봉구는 확산되기도 밀집되기도 한다. 중심부에 위치한 벌 뿐 아니라 외부층의 벌들도 대사활성이 거의 없이 열발산이 정지된 상태를 유지한다. 온도가 내려가면 꿀을 먹고

근육운동으로 열을 발생시킨다. 한편, 외부기온이 낮아지면 벌들이 매우 응축하며, 이로 인한 중심부의 CO₂ 상승은 벌들의 본능적인 발열소동을 야기시킨다. 이러한 발열은 먹이의 소모와 꿀벌의 수명 단축의 결과를 초래한다. 월동군이 강하면 발열작업이 적고 꿀도 적게 소모하여 노화속도가 늦어지나, 봉세가 약하면 약할수록 꿀을 많이 소모하며 쉬 노화하여 수명이 단축된다. 대표적인 해충으로서, 장수말벌에 대한 방어책은, 봉구를 형성하여 장수말벌을 감싸서 약 46 - 47°C 정도의 고열로 약 20분간 가두어 죽인다. 꿀벌의 치사온도는 47.5°C 이상이고 장수말벌의 치사온도가 44.5°C 인 차이가 그 원리이다.

습도 : 일반적으로 상대습도와 온도는 반비례하는 경향을 보이므로 온도와 더불어 습도의 모니터링은 봉군 내부환경의 검사에 중요한 요인이 된다. 또한 적절한 습도의 유지가 봉군에 생육에 매우 중요하다. 그 예로 50% 상대 습도 이하의 수준에서 알은 부화하지 않으며 90 ~95 %의 상대습도가 알 부화의 최적 수치로 알려져 있다(Doull, 1976). 그렇다고 봉군 내부의 상대습도가 90%를 육박하는 것이 건전한 것은 아니다. 이는 소방 내부에만 국한 된 것으로, 소방 내부 하단에는 유충의 먹이인 로얄제리가 존재하기 때문에 이를 통하여 높은 상대습도가 유지된다. 병원성 미생물을 포함한 생물체에 수분활성도는 매우 중요한 발육인자이므로 질병의 발생과 연관하여 조절되어야 할 인자이다. J.M. Flores 등 (1996)에 따르면 30°C의 동일온도에서 상대습도가 68%일 때 불과 0.95%의 chalkbrood(백목병, *Ascosphaera apis*)가 발생하였으나 상대습도가 87% 일 때 발생률이 무려 7.75%로 나타났다. 비록 석고병(*Aspergillus flavus*), 백목병(*Ascosphaera apis*) 같은 진균성 질병은 동양종에서 만연하지 않는다고 알려져 있으나 과습은 봉군에 생육에 악영향을 줄 수 있다. 또한, 습도는 유밀기에 수집한 넥타의 건조 선풍에 의해서도 그 변화가 반영될 것으로 판단된다.

이산화탄소 : CO₂는 대기 중에는 약 390ppm (약 0.04%)의 낮은 농도로 존재하고 있다. 또한, 유기물의 연소, 생물의 호흡, 미생물의 발효 등에 의하여 만들어지며, 봉군 내부에서는 주로 벌들의 호흡에 의하여 이산화탄소가 만들어진다. Nagy & Stallone(1976)에 의하면 외기의 낮은 온도가 봉구내부의 CO₂의 농도를 상승시켜주는 요인이라 하여, CO₂ 농도와 생육온도간의 밀접한 관계가 있음을 시사하였다. 그러므로 공기의 흐름이 비교적 정체되어 있는 꿀벌 사육통 내부의 이산화탄소 농도는 봉군의 밀도를 추정하는데 유효한 지표가 될 수 있을 것으로 사료되며, 따라서 이산화탄소의 농도는 봉세의 간접적인 판단에 유효한 인자가 될 것이다. 또한, 활동기에는 일벌들의 외부활동에 따른 일교차를 보일 것이며, 이러한 차이가 봉군의 세력 즉, 건강유무를 판단하는데 도움이 될 것으로 판단되어 그 변동을 조사하였다.

소음 : 꿀벌의 비행이나 유밀기의 넥타 건조 시에는 우리 귀로 들을 수 있을 정도의 날개짓 소리를 발생시킨다, 또한 분봉의 경우 혹은 외부 해충의 침입 시에도 감지될 정도로 상당한 소음이 발생된다. 또한, 꿀벌의 의사소통에는 230 - 270 Hz의 진동을 이용한다고 알려져 있다. 특

정파장의 음파가 아니더라도, 이상발생시의 강한 음파를 감지하게 된다면 그에 따른 신속한 조치가 가능할 것으로 판단되었다. 한편, 사육시설 자체에 발생한 외부요인에 의한 큰 소음 즉, 꿀벌 도난사고 과정의 큰 소음, 태풍 등의 큰 바람소리, 우뢰와 천둥, 대형 야생동물의 사육상 공격 등은 양봉가에게 즉시 보고되어야 할 비상상황이다.

사육상의 중량 : 사육상의 중량은 채밀의 정도를 가늠하는데 유용한 지표가 될 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 이러한 생육활동의 왕성한 정도는 전체 봉군의 세력을 짐작하는데 중요한 참고자료가 될 수 있을 것이다. 특히 양봉농가의 입장에서는 채밀정도의 가늠, 그에 따른 채밀시기의 결정 혹은 채밀 후의 사료 투입결정 등, 생산성에 직접적인 영향을 미칠 것이 자명하다. 본 과제에서는, 사육상의 중량은 이러한 사항을 직접 내검을 하지 않고도 모니터링하며 계획을 세울 수 있는 유용한 정보가 될 것으로 판단하였다. 특히 토종벌의 경우 사육상의 구조적 문제와 서양종에 비해 수밀력이 떨어지기 때문에 1년에 1회 채밀하는 생산체계로 관리가 이루어지고 있었으나 중량 센서를 도입한다면 기존 생산체계가 이익창출에 적합 여부와 새로운 채밀체계의 도입 가능성 파악 또한 이루어 질 것으로 판단된다.

3. 봉군 내 센서 디바이스의 위치 설정(선행연구과제 도출 자료)

비록 꿀벌생육환경에 있어서 가장 핵심이 되는 위치는 활동기에 산란부터 부화가 이루어지는, 중심산란 소비의 중앙부이며, 월동기에도 봉군의 중심부분이 될 것이나, 사육상 내 꿀벌의 생육에 지장을 주지 않는 위치이며 동시에 외부 환경에 영향을 받지 않으며 생육환경을 반영할 수 있는 안정적인 신호수집 위치선택을 위하여 실시하였다. 사육상 내의 환경은 기본적인 온도 및 습도 2가지 항목을 기준으로 조사하였으며, 각 소비로 이루어진 사육상 내의 꿀벌 소문으로부터 제1, 제4, 제7번 소비에 해당하는 위치에서의 변화와 격리관 외측의 빈 공간에 추가로 설치하여 약 400시간을 관찰한 결과를 아래 그림 1에 나타냈다. 단, 예비실험의 측정에 사용된 온습도계는 일반 가정용의 저가품을 사용하였으며, 변화의 경향만 파악하기 위함이었기 때문에 표출된 절대 값에는 의미를 두지 않았다.

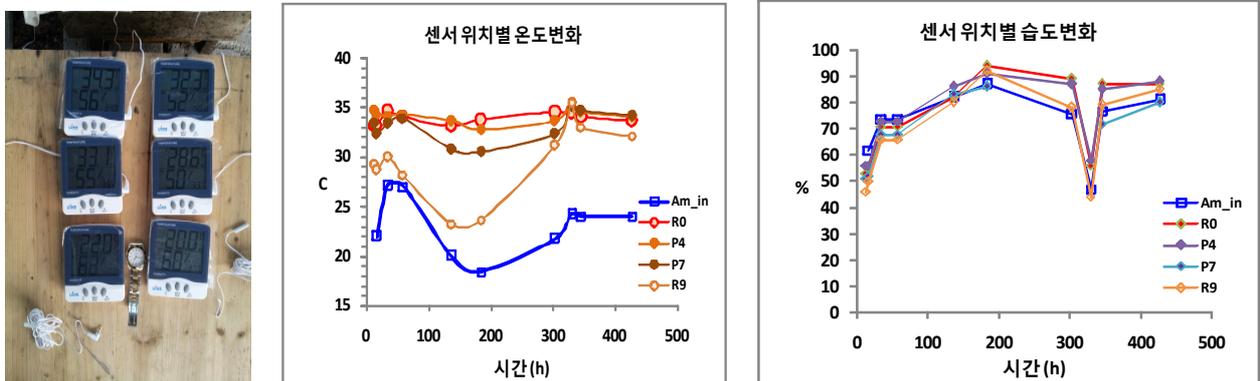


그림 1 센서 위치 별 온도와 습도 변화

조사 대상은 9매 소비의 전형적인 강균을 선택하였으며, 소문 쪽으로부터 제1 및 제2번째 소비의 위치에 장착한 센서는 외기의 온도변화에도 불구하고 (18 ~ 27°C) 32 ~ 36°C의 안정적인 내부 온도를 유지하였다. 한편, 소문으로부터 거리가 떨어진 위치에 장착한 센서들 즉 산란장 소로부터 떨어진 거리에 비례하여 보다 더 외기의 영향을 보이는 경향을 보였다. 이는, 일반적인 꿀벌의 생태는, 가장 외부로부터 중심으로, 저장꿀, 화분소비-번데기소비-유충소비의 순서로 배열시키는 특성을 고려할 때 당연한 결과로 판단된다. 한편, 꿀벌은 습성 상 적당한 간격의 소비사이를 오가며, 저밀, 산란 및 육아활동을 하는 바, 소비사이에 센서 디바이스를 장착한다면 생육활동상의 심각한 장애가 될 수가 있다. 더욱이, 소문 첫 번째 소비의 위치라면 꿀벌의 계절별 생육환경에도 불구하고 항상 고정된 위치를 유지할 수 있기 때문에, 소문 측의 제 1번 소비앞 쪽에 센서를 삽입함이 신호수집과 생육활동 보호에 유리할 것으로 판단되어 이후의 센서 장착의 위치로 선정하였다.

한편 습도의 경우는 벌 사육상 내의 각종 위치에 선정하여도 외부의 값에 많은 영향을 보이는 경향이 있었으나, 외기의 변화에 비하여 편차가 적었다. 또한, 동절기 외기의 영향의 정도는 봉구의 형성이 일정한 제 1번 소비 쪽이 영향을 받는 정도가 덜 하였으므로 온·습도의 경우 모두 제1 소비의 외측 벽면부착이 적합한 것으로 평가하였다.

4. 센서 디바이스 모델의 개선 및 전자파 등에 의한 생체영향 평가(선행연구과제 도출 자료)

센서 설치에 따른 전자파 등의 영향이 꿀벌의 생육에 미치는 영향을 보기 위하여, 제 1차년도에는 단기적으로 센서와의 친화성을 조사하였다. 초기의 모델은, 아래 그림 2와 같이 사육통의 덮개 내부에 설치하였으며, 꿀벌과 직접 접촉이 없다는 이점이 있으나, 환기구를 통한 외기에 의한 온·습도 및 gas 인자들의 영향이 클 뿐 아니라 꿀벌의 활동이 개포 하부의 이동도 있는 바 이에 방해요인이 될 수 있으므로 적용이 적합하지 않은 것으로 평가하였다.



그림 2 초기 prototype 센서 디바이스

결국, 사육상 내부에 직접 설치함이 적합할 것으로 판단되어 아래 그림3, 그림4와 같은 디바이스를 고안하여 설치하였다. 초기의 센서는 온도와 습도 센서만 적용한 최소한의 장치하였다. 전면은 왕롱으로 사용되는 부품을 응용하여 피복하였으며, 밀랍 혹은 프로폴리스로 폐쇄시키지는 않는 것으로 관찰되었다.

그러나, 디바이스 하부에 헛집 (봉방)을 형성하는 것으로 볼 때, 단기적으로 꿀벌의 생육에 심각한 부정적인 영향은 없을 것으로 판단되었으나, 장기적인 관점으로 볼 때, 센서의 손상이 우려되었으며, 또한, 헛집을 지었다는 것을 미루어 볼 때 센서 디바이스로 인한 빈공간이 꿀벌의 생육상태에 불편함을 야기시킨 것으로 판단되었다.



그림 3 제 2차 prototype 센서 디바이스



그림 4 제 3차 prototype 센서 디바이스

한편, 헛집을 조성한 점과, 후면의 기관에 대한 손상도 관찰되지 않은 것으로 미루어보아, 우려하였던 ‘기기의 설치에 의한 전자파의 영향’ 이 봉군의 생육에 부정적인 자극은 주지 않았

던 것으로 평가하였으며, 꿀벌의 사육상내 생육 환경이 센서디바이스의 운용에 별다른 지장을 주지 않는 것으로 파악되어 상당한 정도의 내구성도 확인되었다.

5. 개량 사육상의 도입

전통적인 토종벌 사육상은 아래 그림5와 같이 통나무의 속을 비우고 소문을 낸 형태의 통나무 벌통과 1되 정도의 부피를 가지는 정사각형 형태의 나무재질 벌통을 다단으로 쌓아 올려 단과 단 사이를 종이테이프로 처리한 형태의 ‘사각벌통(뒷박 벌통)’ 이 있다. 이러한 형태의 전통적인 벌통은 단과 단 사이로 병해충의 유입과 증식이 가능하며, 개량벌통과 같이 소광대의 분리를 통한 내검이 불가능한 구조로 되어 있기 때문에 질병이 발생하여도 조기에 징후를 확인하고 후속적인 진단과 체계적인 관리를 수행함에 어려움이 많았다(Choi 등, 2013).

최근 토종벌의 괴멸을 야기한 토종벌 낭충봉아부패병(Sacbrood)의 만연으로 인해 일부 토종벌 사육농가에서도 개량벌통의 도입을 통한 체계적 관리의 필요성을 실감하여 개량벌통의 도입이 이루어지고 있다. 그러나 개량 사육상은 다양한 형태와 크기의 것이 사용되고 있기에 통일된 규격이 아직 합의되지 않은 상태이다. 본 과제에서는 주기적인 내검을 통한 모니터링과 질병 조기 진단을 위하여 개량사육상을 시용하여 수행하였다. 이에 따라 내부의 소초광도 표와 같은 규격을 사용하였다. 또한, 센서디바이스의 케이스도 개량소초의 규격에 맞추어 제작하였다(표 1, 표 2)



그림 5 전통적 토봉 사육기구. 구조적으로 내검과 이에 수반되는 모니터링이 용이하지 않다.

표 1 사육상의 규격비교 (단위 mm)

	전면	측면	높이
서양종 10매상 내부	410	469	233
토봉 개량사육상 외부	320	400	335
토봉 개량사육상 내부	270	365	255

표 2 소초의 규격비교 (단위 mm)

	상부	하부	높이	두께	기초판면적	cell 내경
서양종 양봉용	480	445	235	38	420 × 200	4.15
토봉 개량사육상용	380	350	235	32	327 × 200	3.70



그림 6 일반적으로 소개된 토봉용 개량사육상. 우측은 본 과제 수행에 사용한 사육상



그림 7 개량소초에 산란 및 봉개한 토봉

6. 개량 사육상의 외부 보호 장치 개발

태양광, 기온, 기습, 기류, 강우, 강설 등의 외부환경의 변화로부터 완충효과를 줌으로써 토봉의 생육환경을 보호하기 위한 외부 보호장치를 고안하였다. 일부 토봉양봉가에서 사용하는 FRP 수납통은 아래 그림과 같은 대형화분을 적용한 것으로서 기성제품이 없는 까닭에 구매단가가 높으며 무겁다는 단점이 있었다. 또한, 해묵은 사육상의 소독이 용이하지 않았으므로, 본 과제에서는 서양벌 양봉용 10매상 사육통을 응용하여 외부보호장치로 사용하였다. 즉, 토봉용 사육상을 서양종 양봉 사육상에 수납한 후, 외부에 계상판을 올려 씌우는 방식을 적용하였다. 이러한 방식은 추가적인 보완이 수행된다면 토봉 양봉가들에게 권장할 만한 방법이라고 판단되었다. 두 장치의 효능에 대해서는 현시점에서는 비교하지 않았다.



그림 8 일부 농가에서 사용하고 있는 토봉사육상 외부보호장치. 무거우며 구매단가가 높다. 덮개를 별도로 제작해야하며 불편과 습기에 의하여 부식이 진행된다.



그림 9 본 과제에서 개량한 토봉사육상 외부보호장치. 서양종 양봉용 10매사육상 내부에 토봉사육상을 수납한 후 계상을 씌웠음



그림 10 배치된 토봉 사육상 외부보호장치의 외관. 사진 좌측은 기존 일부 양봉농가에서 사용하는 보호장치로 상기한 단점이 있었음

비록 토종꿀벌이 서양꿀벌에 비해 추위에 강하다고 알려져 있으나 겨울철 사육상 내부와 외부의 온도차로 인한 결로현상이 발생하면 봉군의 생육에 지장을 주므로 이를 방지해줄 필요가 있다고 판단하여 단열처리를 시행하였다. 월동기 보온과 결로방지를 위하여 개발된 외부 보호 장치에 단열재로 이용되는 30t 두께의 아이소핑크(XPS, 압출법 단열재)를 부착하여 월동용 보호 장치로 응용하였다.



그림 11 월동기 보온을 위한 외부 보호 장치 단열재를 부착하여 단열, 결로방지 효과를 제고함

7. 생육환경 원격모니터링 기반 구축

가. 토봉 연구용 시험양봉시설 구축

제주도의 밀원 특성과 서양종의 강세로 인한 경합으로 토봉의 양봉은 되지 않는다는 일부 지역양봉가들의 의견이 있으나, KSBV의 청정지역이라는 상황을 생각한다면 양봉산물의 생산 측면보다도 감소한 봉군의 회복을 위한 보호, 육성지역으로 고려해 볼만 할 것이다. 2016년 4월에 충청도의 토봉농가로부터 입식하여 연구를 위하여 육성하였다. 시험양봉장은 제주대학교 아라캠퍼스 구내의 비자나무 숲으로 조성된 청정한 지역을 선정하였다. 기존 양봉용 시험양봉장과는 컨테이너를 사이에 두고 배치하여 서양종꿀벌과의 비행로가 최소한으로 중복되도록 위치를 고려하였다.



그림 12 토봉 시험양봉장 구축 (제주지역, 파노라마 촬영)

기존 양봉용 시험양봉장과 컨테이너를 사이에 두고 배치하여 서양종꿀벌과의 비행로가 최소한으로 중복되도록 위치를 고려하였다.



그림 13 토봉 시험양봉장 구축 (수원지역, 파노라마 촬영)

토봉연구를 위한 별도의 전용 토봉용 시험양봉장을 구축.

나. 토봉사육상 생육환경 원격 모니터링 장비 설치



그림 14 데이터 수집 및 전송장치 설치. 선행연구의 결과물을 적용하였다.

(1) 센서디바이스의 제작 및 데이터 수집시스템의 적용

개별 사육상에는 토봉농가의 적용을 목적으로 하며 또한, 소형화를 위하여 선행연구에서 판단한, 생육 모니터링의 가장 핵심적인 인자인 온도, 습도, 이산화탄소, 소음, 사육상의 중량변화를 선택하여 센서디바이스를 설치하였다. 다만, 암모니아 및 황화수소의 측정은 참고적으로만 병행하였다.

센서디바이스는 센싱 데이터를 근거리 통신을 통해 양봉장에 설치된 게이트웨이에 전송하는 역할까지 함께 수행한다. 게이트웨이는 센서디바이스로부터 전송 받은 데이터를 무선통신을 통해 데이터수집시스템으로 전송한다.

본 연구는 토봉 질병감시를 위한 생육환경 정보의 수집과 진단에 대한 연구가 주된 목적이므로 센서디바이스, 게이트웨이 등과 같은 물리적인 인프라는 기 수행 과제에서 개발된 결과물들을 활용하거나, 연구 목적에 적합한 상용제품을 활용하였다.



그림 15 센서디바이스와 케이스. 케이스는 토봉용 사양기의 규격에 맞도록 제작한 후, 방충망을 적용하여 제작하였다(중). 재래식 토봉사육상 적용을 위한 케이스, 밀폐용기와 방충망을 적용하였다(우).



그림 16 센서 디바이스 케이스를 사육상에 넣고 순차적으로 생육중인 소비를 넣어주었다.



그림 17 개량 토봉사육상에 센서디바이스를 장착
토종꿀벌은 인공적인 양봉이 상당히 까다로우나 인공사양을 실시한 시험용
사육상에서 무난히 서식하고 있음이 관찰되었다.

(2) 생육환경 데이터 수집/관리시스템 구축

생육환경 데이터 수집/관리시스템은 게이트웨이로부터 전송된 생육환경 데이터를 수집하여 데이터베이스에 저장 및 관리하기 위한 시스템으로서, 선행연구에서 구매 및 개발한 전용서버를 활용하였다.

- 생육환경 모니터링시스템

모니터링 사이트 주소 : <http://bee.ucsit.co.kr//index.php>

ID: admin, P/W: 1234

생육환경 모니터링시스템은 연구자 및 일반 양봉가가 사육상으로부터 수집된 데이터를 쉽고 빠르게 파악할 수 있도록 사용자 인터페이스를 제공하는 시스템으로서, 이를 위해 수치데이터 형태 뿐 만 아니라 이를 차트, 그래픽 형태로 가시화하여 제공하였다. 또한 사육상 간 데이터 비교, 기준 데이터와의 비교가 가능하도록 벌이 서식하지 않는 빈 사육상을 대조데이터로 사용한 그래프 기능을 구현하였다. 이 또한, 선행연구에서 개발한 결과물인 s/w와 사용자 인터페이스를 적용하여 수행하였다.

(3) 신형 센서디바이스의 도입

- 모니터링 사이트 주소 : <http://115.68.183.77:8080/SmartBeekeeping/login>

ID : kissdino, PW : hohoho

2차 년도에 선행 과제에서 얻어진 결과물로서 도입한 센서디바이스의 문제점을 개선한 신형 센서디바이스를 도입하였다. 기존센서에서 모니터링 하였던 환경인자 중 단백질의 부패과정에서 발생하는 암모니아 가스 (NH_3)와 황화수소 (H_2S)는 질병의 징후로서 이용될 수 있을 것으로 기대하였으나, 단가가 높고 실효성이 낮아 제외하였으며, 중량센서 또한 방수형 전자저울로 개량하였다(그림 23).

웹사이트의 인터페이스는 전면 개편하여 사용자의 시인성, 가독성을 향상시켰으며, 데이터 분석·처리의 편리성을 제고하였다(그림 19). 패키징 또한 기존의 센서디바이스는 토봉용 목사양기에 기판을 부착한 후 구멍을 내고, 방충망을 부착하여 제작하였으나, 나무보다 습기에 강하고 단열효과가 높을 뿐 아니라 가공이 편리하고 제작 단가가 저렴한 폼엑스(Formax) 재질로 변경하였다. ‘신형 센서 디바이스’의 사용된 부품과 해당 제원은 하단에 기재하였다(표 3).

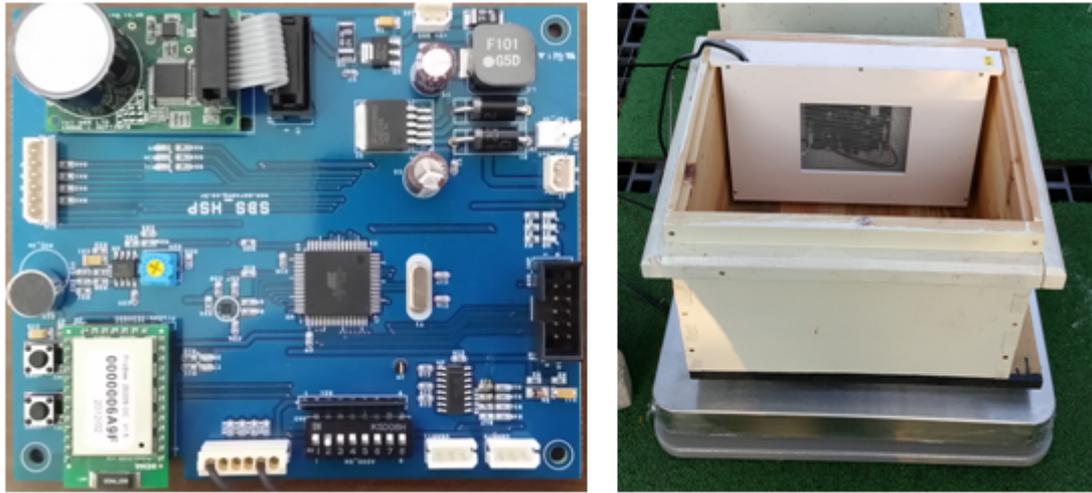


그림 18 신형 센서 디바이스(ATMEGA128 Board 기반)의 기관 및 패키징 형태



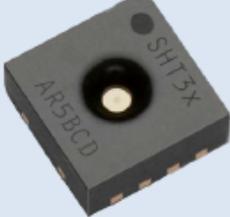
그림 19 모니터링 웹사이트 인터페이스. 상단 : 별통에서 수집된 현 시점의 환경인자를 한눈에 나타내는 Dashboard, 중단 : 단일 환경인자의 평균값, 최대값, 최소값을 나타내는 단일요인변동차트, 하단 : 별통에서 수집된 모든 환경인자를 상세하게 나타낸 상태조합 차트

표 3 신형 센서 디바이스의 사용된 부품과 측정범위

항목	부품명(제품명)	측정범위	측정오차	비고
온도	SHT-30-ARP-B	-20 ~ 50 °C	± 0.3 °C	
습도	SHT-30-ARP-B	10 ~ 90% Rh	± 3 %	
소음	CMP-762	0 ~ 3000 mV	± 100 ppm	콘덴서 마이크로폰
CO ₂	COZIR	0 ~ 50,000 ppm(5%)	± 10 mV	반응속도 2 min 사용범위 0 ~ 50 °C
사육상 중량	SPS-150W(CAS)	± 100 g	± 100g	방수형 전자저울

SHT-30-ARP-B

Temperature & Humidity Sensor
Analog output module (DFN-8)



Features

- Fully calibrated, Linearized Temp compensated sensor
- Wide input : 2.4~5.5V
- Low power consumption (217µA,2Hz)
- Analog voltage output
- Small foot print 2.5 x 2.5 x 0.9mm(8pins)

Application

- HVAC
- Measurement
- Automotive
- Weather station
- Humidifiers
- Data Logger
- Medical
- White Goods
- Automation
- Consumer Goods

Humi Specifications

Range	0~100%RH
Accuracy (@ 25°C)	±3.0%RH(10 to 90%RH)
	±4.5%RH(Other Range)
Hysteresis	±0.8%RH @ 25°C
Resolution	14bit
Response time	time < 8s (τ63)

Temp Specifications

Range	-40~125°C
Accuracy	±0.3°C (10 to 55°C)
	±1.3°C (Other Range)
Resolution	14bit
Response time	>2s (τ63)

그림 20 온도, 습도 측정을 위한 센서 스펙
 센서에서 출력되는 Analog 값을 ATMEGA128의 ADC에서 입력 수신된 신호를 처리하여 온도와 습도로 환산하여 표시하였다.

Ultra Low Power Carbon Dioxide Sensor

COZIR is an ultra low power (3.5mW¹), high performance CO₂ sensor, ideally suited for battery operation and portable instruments. Based on patented IR LED and Detector technology and innovative optical designs, COZIR is the lowest power NDIR sensor available. Optional temperature and humidity sensing are available. COZIR is a third generation product from Gas Sensing Solutions Ltd – leaders in IR LED CO₂ sensing.

With measurement ranges of 0-5%, 0-20%, 0-60% and 0-100%, COZIR **Wide Range** sensors are suited for process control applications such as diving, industrial safety and automotive.

- Ultra-low Power 3.5mW
- Measurement ranges from 0 to 100%
- 3.3V supply.
- Peak current only 33mA.
- Optional Temperature and Humidity Output



COZIR™ Wide Range Sensor

Specifications

General Performance	
Warm-up Time	< 10s
Operating Conditions	0°C to 50°C (Standard) -25°C to 55°C (Extended range) 0 to 95% RH, non-condensing
Recommended Storage	-30°C to +70°C
CO ₂ Measurement	
Sensing Method	Non-dispersive infrared (NDIR) absorption Patented Gold-plated optics Patented Solid-state source and detector
Sample Method	Diffusion
Measurement Range	0-5%, 0-20%, 0-60%, 0-100%
Accuracy	±70 ppm +/- 5% of reading ¹
Non Linearity	< 1% of FS
Pressure Dependence	0.13% of reading per mm Hg in normal atmospheric conditions.
Operating Pressure Range	950 mbar to 10 bar ²
Response Time	4 secs to 2 mins (user Configurable) ³ Reading refreshed twice per second. ³

그림 21 CO₂ 측정을 위한 센서 스펙
최대 5%까지 측정이 가능한 COZIR 제품을 사용하였다. 이 센서는 UART출력으로 Data값이 출력되어 ATMEGA128에서 UART 통신을 이용하여 해당 Data값을 취득하였다.

Specifications

Sensitivity	See Model No. Table
Impedance	Max. 2.2KΩ
Standard power supply	4.5 V DC
Current consumption	Max. 0.8 mA
Sensitivity reduction	Within-3dB at 3.0V
S/N ratio	More than 60dB
Directivity	Omnidirectional

Sensitivity (0dB=1V/Pa at 1KHz)	Model No. Table	
	Lead Wire Type	Pin Type
-46 ± 2dB	CMT-766	CMP-766
-44 ± 2dB	CMT-764	CMP-764
-42 ± 2dB	CMT-762	CMP-762
-40 ± 2dB	CMT-760	CMP-760
-38 ± 2dB	CMT-758	CMP-758
-36 ± 2dB	CMT-756	CMP-756

그림 22 소음측정용 Microphone의 스펙



그림 23 사육상 중량측정을 위한 전자저울

사육상의 중량 측정을 위하여 방수형 전자저울을 적용하였다. 전용 AMP를 이용하여 출력되는 Analog 신호를 ATMEGA128의 ADC로 입력받아 중량으로 환산하여 표시하였다.

나. 시험용 봉군의 질병검사

도입봉군의 감염성 질병여부를 확인하기 위하여, 6개의 군을 대상으로 14종의 병인체에 대해서 아래의 표와 같이 PCR을 실시, 전기영동한 결과는 아래와 같이 14종의 병인체 음성의 결과가 나타났으며 공시동물로 적합한 것으로 판단되었다.

표 4 시험용 봉군의 질병검사를 위한 표본 선정

봉군 번호	꿀벌종	발육 단계
1	<i>Apis cerena</i>	성충1
2	<i>Apis cerena</i>	유충1
3	<i>Apis cerena</i>	성충2
4	<i>Apis cerena</i>	유충2
5	<i>Apis cerena</i>	성충3
6	<i>Apis cerena</i>	유충3

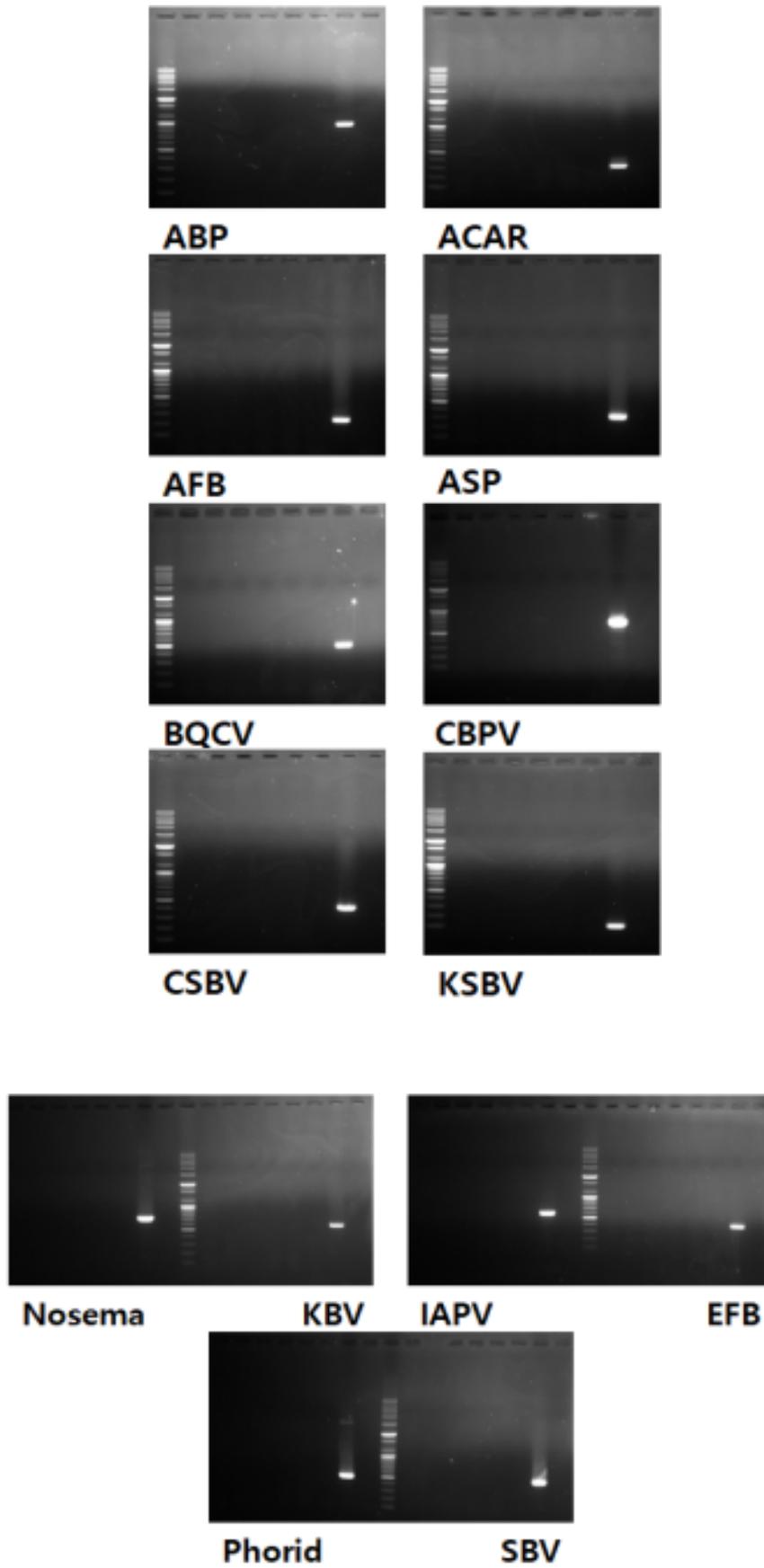


그림 24 14종 병인체에 대한 전기영동 결과

다. 재래식 사육상에 대한 개량 사육상 도입 및 모니터링 시스템의 적용법 제안

본 연구는 개량 사육상을 통하여 진행되었으나, 현재까지도 많은 토종별 농가에서는 기존의 사각형 뒷박별통과 전통적인 통나무 별통을 사용하여 사양을 하고 있다. 그러나 본 연구의 취지인 환경인자의 모니터링을 통한 봉군의 생육상태 파악, 낭충봉아부패병 등의 감염에 대한 빠른 진단과 초기대응을 위해서는 개량 사육상이 더욱 그 취지에 적합하다고 판단하였다. 따라서 본 연구의 결과물로서 봉군내부의 환경인자를 측정하여 전송하는 센서 디바이스의 현장 적용을 위해 사각별통에서 사양된 봉군을 개량 사육상으로 입식하는 과정을 진행한 후 센서 디바이스의 설치를 시도하여 본 연구결과의 현장 적용 가능성을 확인하였다.

(1) 봉군의 추가 도입

전통적인 사각별통에서 사양된 토종별 봉군 3군을 2017년 5월 24일에 충청도의 한 토종별 농가로부터 입식하였다. 입식 후 약 5일 간은 봉군의 환경적응과 안정을 위하여 별도의 조치와 내부관찰은 지양하고, 전자저울 위에 사각별통을 설치하여 중량의 변화만을 관찰하였다.

5일 경과 후 사각별통을 열어 봉군의 상태를 점검하고, 개량 사육상으로 입식을 진행하였다. 봉군의 생육상태와 봉군의 세력판단은 사각별통의 구조상 벌집을 훼손 시켜야 하기 때문에 그 진행이 어려웠다. 사각별통은 기존 서양종 양봉과 같이 소광대(巢框臺 : 벌집들이 부착되어 있는 사각틀로 벌집이 별통에 걸려 수납되도록 하는 구조를 가지며, 내검 시 손잡이 역할을 하여 벌집을 들어 올려 관찰이 가능하도록 함)를 들어 올리는 방식의 내검이 불가능하였고, 꿀벌이 붙어있는 소비를 세어 봉세를 평가하는 방법 또한 적용이 어려웠다. 따라서 소문 앞 일벌의 활동을 육안으로 관찰하는 외부검사와 사육상 중량의 증감 모니터링을 병행하여 봉군의 생육상태와 수집활동을 확인 할 수밖에 없었다.



그림 25 사각별통에서 사양된 봉군의 도입

(1) 개량별통으로 입식 유도

봉군의 손상을 최소화하면서 개량별통으로 입식을 유도하기 위하여 꿀벌의 습성을 이용한 방법을 사용하였다. 봉군을 도입하고 5일 경과 후 개량형 별통에 소초광을 채웠다. 개량형 별통 내부 상단에 꿀벌이 존재하는 기존의 사각별통을 올리고 빈 공간에는 나무합판을 이용하여 꿀벌이 상단의 빈 공간을 통해서 외부로 출입하는 것을 차단하였다. 외부에는 서양종에서 사용하는 계상을 씌워 외부환경에 사각별통이 직접적으로 노출되는 것을 차단하였다. 이와 같은 구조를 조성하여 별통상단으로 봉군의 이동을 제한하고, 소문으로 출입을 자연적으로 유도하였다. 개량별통의 소문을 통과한 벌들은 사각별통으로 귀소하기 위해 1층의 개량별통과 내부에 존재하는 소초광을 통행할 수밖에 없다. 통행이 이루어지다보면 봉군의 확장과 조소(집짓기, 소광대에 부착된 소초에 밀랍을 붙여 집을 짓는 행위)가 자연스럽게 이루어 질 것으로 기대하고 본 조치를 시행하였다.

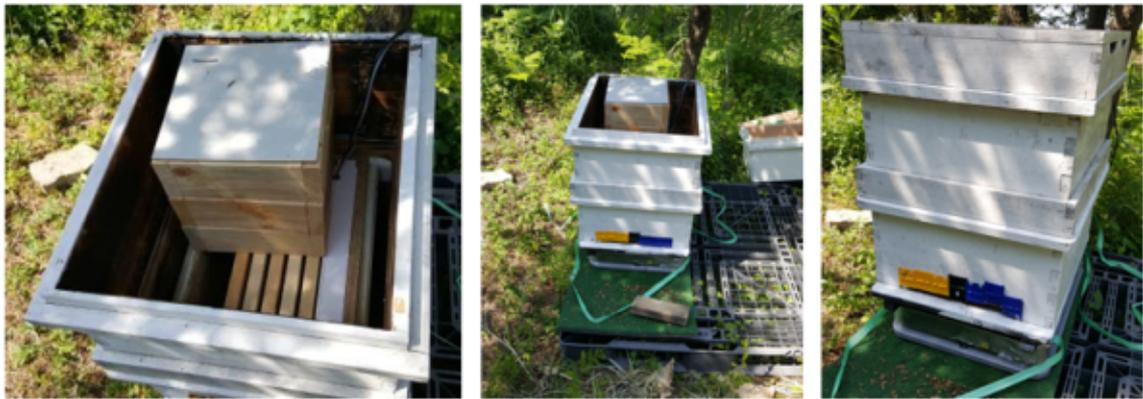


그림 26 개량별통으로 입식 유도 과정



그림 27 소문 외의 통로로 벌들이 출입하는 것을 제한하기 별통 내부 상단에 설치한 합판의 형태

일정 시간 간격으로 별통을 점검하여 1층 소초광의 조소여부를 확인하였으나 7일이 경과하는 동안에도 조소가 진행되지 않았고 착봉 또한 미미함을 확인하였다.

조소의 촉진을 위해서는 당액의 공급이 중요하나 당액의 공급으로 인한 서양꿀벌의 도봉이 발생한다면 봉군에 치명적인 피해가 우려되기 때문에 당액공급은 진행하지 않았다. 이 또한 조소과정이 더디게 진행된 하나의 이유로 작용한 것으로 사료되었다.



그림 28 개량벌통으로 입식 유도 경과
소문을 통한 꿀벌의 출입은 양호하였으나 7일 후에도 조소의 진행은 거의 없었다.

(2) 벌집의 절단을 통한 소초광으로 강제이식

상기 기재한 방법으로 자연 입식을 유도하였으나 조소의 진전이 없음을 확인하여 2017년 6월 12일에 사각벌통에서 벌집을 떼어내어 자른 후 개량소비로 강제이식을 진행하였다. 사각벌통의 하단부터 1층 씩 조심스럽게 떼어내어 내부의 벌집을 노출 시킨 후 소초의 규격에 맞도록 잘라내었다.

잘라낸 벌집을 소초광에 밀착시킨 후 면실로 묶어 고정하였다. 벌집이 부착된 소초광을 개량벌통에 수납한 후 2층에는 토종벌용 개량 벌통을 개조하여 제작한 토종벌용 계상을 설치하였다. 사각벌통의 잔류하고 있는 꿀벌이 존재하므로 상단에 사각벌통을 올려 입식을 유도하였다.



그림 29 사각벌통을 들어내고 사각벌통 틀을 1층 씩 분리하여 벌집을 노출 시킨 후 소광대에 맞는 크기로 잘라 소광대에 부착하였다.



그림 30 소광대에 부착한 소비를 개량벌통에 수납한 후, 사각벌통(뒷박벌통)의 상단부에 저밀된 꿀과 벌이 잔류하고 있었으므로 사각벌통을 벌통 내부 상단에 올린 후 계상으로 보호하였다. 마지막으로 외부환경과의 완충효과를 주기 위하여 서양꿀벌 10매상에 수납하여 외부 보호 장치를 설치하였다.

(3) 입식 후 결과

입식 후 봉군의 적응을 위하여 잦은 내검은 지양하였고, 설치한 센서 디바이스를 통하여 봉군의 생육에 따른 환경인자의 변화 값을 모니터링 하였다. 하단의 그림 31은 자연입식과 소초광에 벌집을 잘라 고정하여 강제로 이식을 시도한 후 8번 봉군의 내부 환경인자 변화 값을 본 연구과제에서 적용한 모니터링 시스템을 통하여 얻은 것이다. 그 결과 온도 값과 CO₂ 값이 입식 후 확연하게 증가하는 것이 관찰되어 봉군의 성공적인 입식을 추정할 수 있었다.

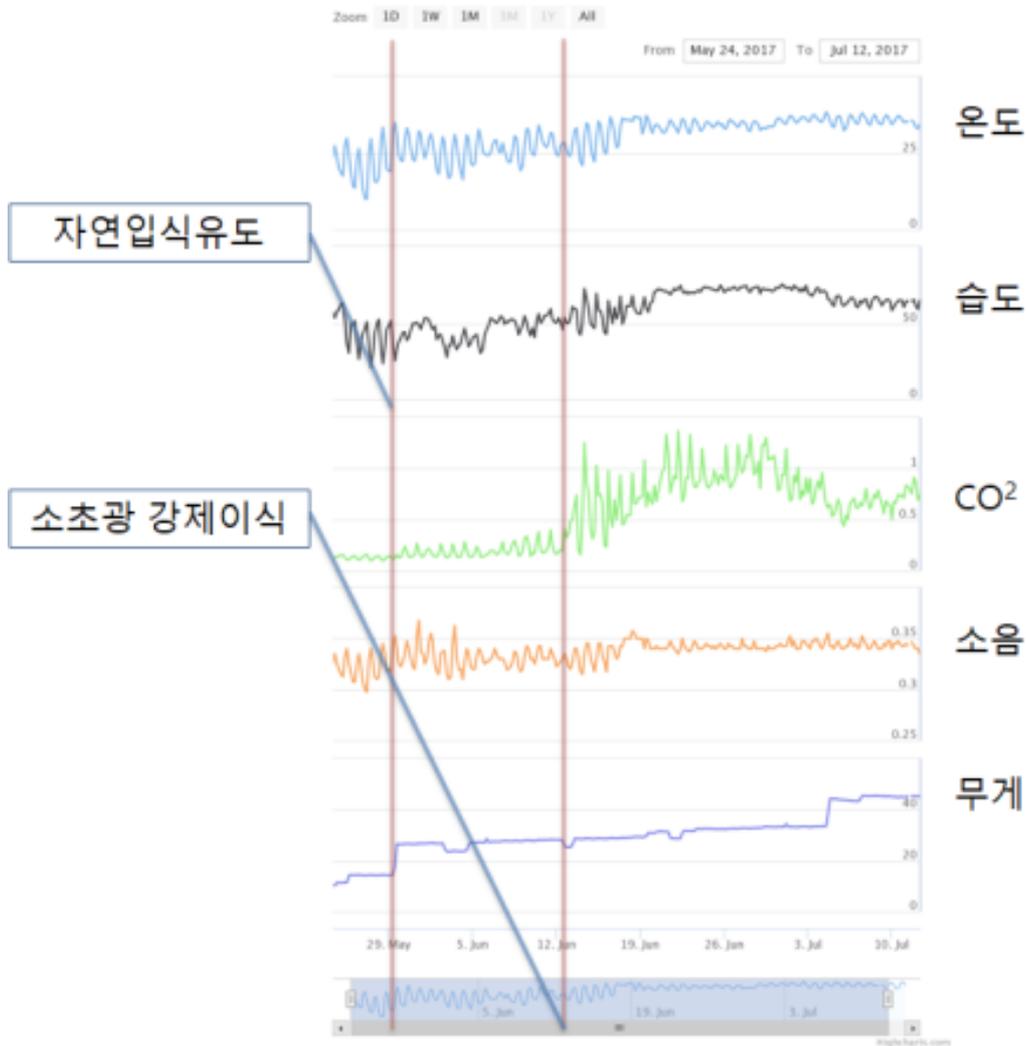


그림 31 봉군의 개량벌통 입식과정에서 생육환경인자의 변화

상단 생육신호 변화 차트를 보면 자연 입식을 유도한 직후에 생육신호의 큰 변화는 없었던 것을 알 수 있다. 1층 최 우측 벌통 내부 측벽에 설치한 센서 디바이스의 위치로 보았을 때 이는 소초광에 착봉이 없었고, 인근에서 생육활동이 없음을 시사한다. 앞서 언급하였듯이 자연 입식유도과정에서 조소의 진행은 미미하였는데 이는 센서 디바이스에서 측정된 생육환경인자 값과 일치하는 것으로 나타났다.

벌집을 절단하여 강제로 소초광에 부착하는 작업이 진행된 직후 가장 큰 변화를 나타낸 것은 CO₂ 값으로 설치 직후부터 급격한 상승을 나타내는 것을 상단 차트를 통해서 쉽게 확인할 수 있다. 그 증가 값이 0.5 ~ 1%로 비교적 높게 나타났으며 그 증가폭이 꾸준히 이어지는 것을 알 수 있었다. 이는 봉군의 생육 공간의 이동이 상단의 사각벌통에서 하단의 소초광 부근으로 무난하게 이루어졌음을 나타내는 결과이다. 보편적으로 알려졌듯이 CO₂는 동물의 대사과정에서 발생한다. 따라서 봉군의 생육공간의 이동을 통한 꿀벌의 대사활동과 소초광에 부착한 벌집을 소초광에 완전히 결합시키는 공정과 조소가 진행되는 과정에서 CO₂ 값이 증가하였고 이것이 센서 디바이스에 감지되어 표출된 것으로 판단된다.

온도와 습도 값 또한 초기에 상승하는 경향이 나타났고, 초기에는 그 값의 변화폭이 이전과 같이 외기의 영향을 받아 큰 것으로 나타나다가 약 5일 후인 2017년 6월 17일부터 변화폭이 감소하여 온도의 경우 30 ~ 33℃의 동태온도를 안정적으로 유지하는 것으로 나타났다. 습도 또한 마찬가지로 초기에 비해 그 변화폭이 감소하여 60 ~ 70%의 값에서 안정적으로 유지되는 것으로 나타났다.

위 결과를 정리하자면 소초광에 벌집을 부착한 6월 12일 직후부터 봉군의 생육권이 하단으로 이동하였으며, 그 후 5일 뒤인 6월 17일 정도에 봉군의 생육권이 소초광에 성공적으로 정착하였다는 것을 센서 디바이스에서 수집된 온도, 습도, CO₂ 값의 변화로 추측할 수 있었다. 숙련된 토종양봉가의 의견에 따르면 동양종의 경우 유충과 번데기에 대한 애착이 서양종과 비교하였을 때 매우 높다고 한다. 이 때문에 토종벌 봉군에서 서양벌 봉군과 비교하였을 때 확연하게 잦은 분봉과 도거 또한 내부에 유충과 번데기가 존재하는 상황 하에서는 그 빈도가 확연히 감소하였다는 의견이 있었다. 즉 벌집을 잘라 소초광에 붙이는 과정에서 벌집 소방 내 유충과 번데기가 벌집과 함께 소초광으로 이동되는데, 이로 인하여 육아와 조소를 담당하는 유봉(어린 일벌)들 또한 하단의 개량벌통으로 이동하여 육아와 조소가 1층에서 진행되었다고 볼 수 있다. 이 과정이 반복되면서 봉군 전체의 생육권의 이동을 촉진하였다는 해석이 가능하였다.



그림 32 봉군의 이동과 조소가 성공적으로 이루어진 형태

제 4절 생육 환경 신호 분석

개발된 시스템을 실제 토종꿀벌에 적용하여 아래와 같은 작업을 수행하며, 수집된 데이터의 피드백을 통하여 최종적인 완성을 추구하였다. 센서 디바이스를 통해서 얻어진 환경 인자 데이터와 내검을 통하여 얻은 봉군 내부 상황에 대해서 상호간 연관관계를 찾는 과정을 진행하였다. 센서 디바이스를 동양꿀벌 봉군에 설치하여 현 시점까지 온도(°C), 상대습도(%), CO₂농도(%), 소음(mV), 무게(kg) 5가지 환경인자 데이터를 수집, 모니터링하여 봉군에 발생하는 이벤트에 대응하는 환경인자의 변화를 수집, 분석하였다. 정상적인 상황에서 내부 환경인자 값을 수집하고, 질병의 발생, 외부 기생충의 발생, 도봉, 분봉 등 특이 이벤트와 비상 상황이 발생하기 전, 진행되는 과정, 진행이 된 후에 나타나는 특이 데이터를 수집하여 분석하였다.

1. 내부 환경인자의 정상치 수집 및 분석

아래 그림 33은 생육환경모니터링 시스템이 안정화된 2016년 9월 22일의 일간 모니터링 자료를 나타내고 있다. 시기적으로는 추계의 무밀기로서 화분의 도입은 여전히 진행되고 있었다. 당액은 60%로 조정하여 공급하였다. 청색의 그래프는 사육상 내의 환경인자를 나타내고 있으며, 적색의 그래프는 외기의 조건 즉, 빈 사육상에 센서디바이스를 삽입하여 대조군으로 비교하기 위하여 인터페이스를 구성하였다. 봉군의 세력은 아래의 표 5와 같다.

표 5 봉군의 소비 현황에 따른 봉군의 세력과 여왕벌 존재 유무

번호	소비			상태	
	총소비	산란	경계판 뒤	질병	여왕
1	2	1	1	—	없음
2	—	—	—	—	—
3	3	1	2	—	미확인
4	3	2	1	—	미확인
6	6	4	2	—	확인

- 제 1군의 경우, 단 1장의 소비를 유지하고 있으며 여왕벌이 존재하지 않는 최약군으로 판단할 수 있다. 그럼에도 불구하고 사육상 내부의 온도는 외부환경에 비하여 약 5°C 이상을 유지하고 있으며, 이러한 정도는 점차적으로 군의 소멸에 따라 차이가 작아지고 있다. 습도는 약 60%대를 유지하고 있는바, 외부환경과 비교할 때 생육을 위한 자체 내의 생육환경을 스스로 조절하고 있는 것으로 판단된다. 이산화탄소의 농도는 활동시간인 낮에 감소하고 귀소하여 생활하는 야간에는 증가하는 패턴을 보였다. 한편 이산화탄소 농도의 절대 값 표출은 센서에 따라 절대 값의 차이가 나타나고 있다. 이는 센서의 보정이 되지 않았거나 센서의 수명(3년경

과)에 연관되어 나타날 수 있는 현상일 것으로 사료되나, 그럼에도 불구하고 이산화탄소의 변동은 사육상 내의 봉군의 정도 및 활동량을 대변해 주는 관점에서 중요한 요소라고 판단된다.

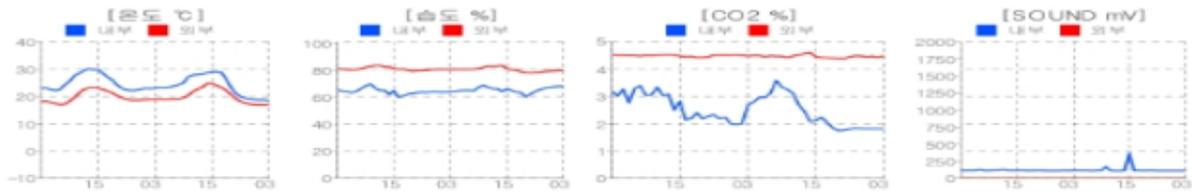
- 제 2군은 봉군의 소멸로 인하여 사육상이 빈 상태이다. 온도 및 습도는 외부환경대조군인 5군과 동일한 패턴의 변동을 보이고 있다.

- 제 3군은 제 1군과 거의 동일한 정도의 약한 세력의 봉군으로 판단할 수 있다. 완전히 소멸한 정도는 아니나, 내부 환경 항상성의 자가 조절이 충분히 되고 있지 않는 것으로 사료된다.

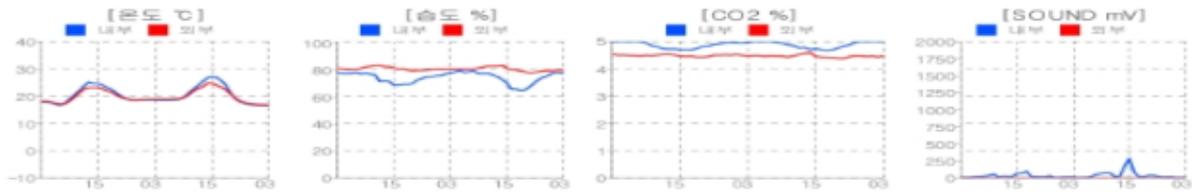
- 제 4군은 1, 3군에 비하여 생육의 규모가 두배에 달하며 여왕벌의 확인이 되지 않는 상태이다. 온도는 외기에 비하여 일정하게 높게 나타나고 있으나 강군인 제 6군에 비하면 낮으며 내부조절이 원활하지 않은 것으로 표출된다. 온도의 변화에 반비례하여 습도의 조절도 비교적 외부의 영향을 받고 있는 것으로 나타나고 있다. 이산화탄소의 농도 값은 나타나고 있지 않으나, 센서의 교체가 요구되었다. 이군 역시 여왕벌이 망실되었다면 궁극적으로 소멸하여 제 2군과 같은 패턴의 센서 값이 나타날 것으로 판단된다.

- 제 6군은 여왕벌이 확인되고 있으며, 내검 결과 왕성한 생육활동이 이루어지고 있음을 확인하였다. 9월 말임에도 내부온도는 최저 30℃ 이상을 유지하고 있으며, 이는 산란과 유충양육을 위한 활동이 왕성함을 나타내는 증거가 될 수 있다. 내부의 습도는 강군임에도 불구하고 외기의 영향을 받는 것으로 나타나고 있다. 이러한 이유는, 토봉의 경우, 날개의 선풍을 통하여 내부의 공기를 외부로 배출시키는 서양종벌과 달리, 외부의 공기를 내부로 유입시키는 독특한 정질에 기인한 결과로 사료된다. 그러나 이러한 결론은 추가적인 관찰을 통하여 주장할 수 있을 것으로 판단된다. 이산화탄소의 농도는 일간 최대편차가 약 2%정도를 보이고 있는바, 한정된 공간의 대사량이 많은 것에 기인한 것으로 판단할 수 있으나, 한편, 제 6군은 9월 21일에 분봉하여 탈출하였다. 그렇다면, 분봉의 징후로서 급작스런 습도의 상승과 이산화탄소의 일시적인 상승과 큰 폭의 편차로 예측이 가능할 수도 있을 것으로 사료되며, 이런 현상에 대해서는 지속적인 관찰을 통한 알고리즘 개발이 필요할 것으로 판단된다. (9월20일 오전 08:00 이후에 나타난 5%를 상회하는 CO₂의 농도가 전조증상으로 참고가 될 것으로 사료됨) 이는 Heinrich (1981)의 보고와 같이 분봉과 CO₂ 농도간의 상관관계가 분명함을 시사한다. 또한, 9월21일 14시에 나타난 큰 폭의 소음증가가 (1,250mV) 이 시점에서 분봉이 이루어졌을 것으로 여겨지는 단서가 될 수 있다.

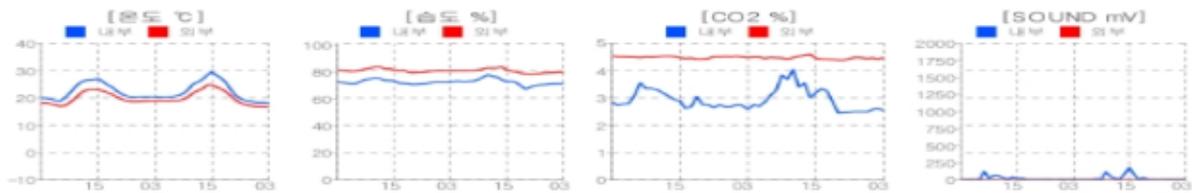
[토중별동1](7E51)



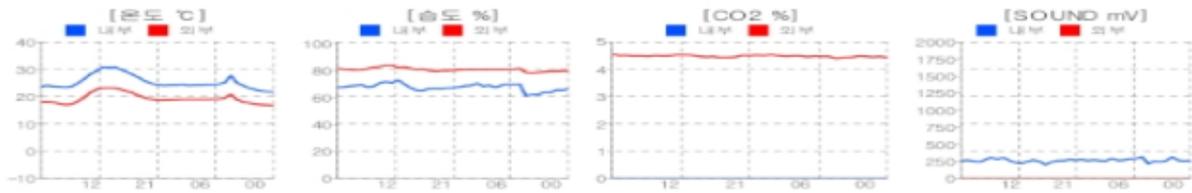
[토중별동2](7FD5)



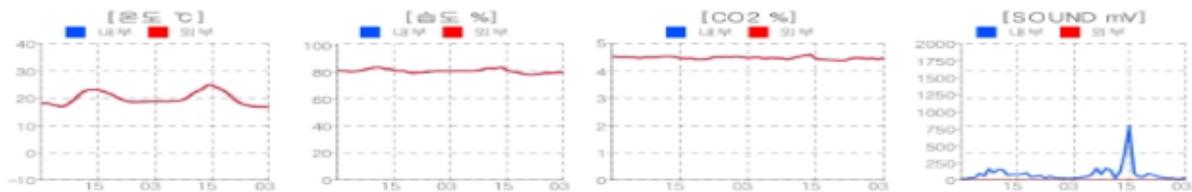
[토중별동3](7E7C)



[토중별동4](8173)



[토중별동5](7DEC)



[토중별동6](6CE6)

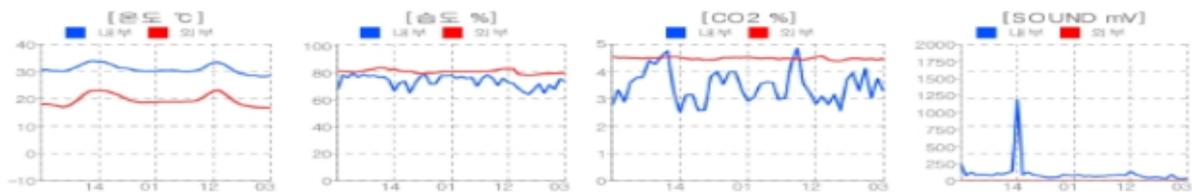


그림 33 Smart-phone에 표출된 토봉에서의 일간 내부생육환경 모니터링 데이터 (2016.09.22.). 일간 온도변동과 CO₂ 농도의 변동은 균세의 정도를 예측함에 중요한 인자임을 나타내고 있다.

가. 온도의 정상치 도출

봉군의 건전성을 추정하는데 있어서 가장 중요한 인자는 온도로서 여왕벌의 산란과 유충의 육아가 이루어지는 동태온도와 봉군의 활동이 정지한 상태의 정태온도가 그 기준이 된다. 서양종의 동태온도는 33 ~ 35°C로 알려져 있다. 동양종이 서양종 보다 약 1°C 정도 낮다고 알려져 있다(Ken TAN et al. 2012, 표 6). 동태온도는 여왕벌의 산란이 진행된 후 내역봉들의 육아활동을 통해 내부에서 유지되는 온도를 말한다. 산란과 육아가 한창인 시기에는 이 온도의 유지 능력 즉 항온성이 봉군의 건전여부를 파악하는데 중요한 요소로 작용하고 있다. 정태온도는 21°C로 알려져 있으며 이는 여왕벌의 산란이 중단된 후 나타나는 온도로 알려져 있다. 즉 외부 온도가 고온인 하절기를 제외하고 산란과 육아가 활발하게 나타날 시기에 21°C 이하로 봉군 내부의 온도가 내려간다면 어떠한 요인으로 산란이 중단되었음을 나타낸다고 볼 수 있다. 또한 온도가 지나치게 높아지는 경우 내부의 온도를 낮추기 위한 선풍활동으로 많은 에너지의 소모가 예상되며 소방의 유충 먹이의 건조와 유충 생육 적정온도의 초과로 유충의 생육에도 악영향을 주게 된다. 특히 동양종은 서양종보다 서늘한 기온을 선호하기 때문에 더 낮은 온도를 정상 범위 내 최고온도로 설정하는 것이 바람직하다고 사료되어 그 온도를 37°C로 설정하였다.

겨울철 봉구의 중앙 온도는 정태온도를 나타낸다고 알려져 있다. 그러나 이는 봉구의 정중앙의 온도를 뜻하기 때문에 센서디바이스에서 수집되는 온도는 이보다 매우 낮게 나타날 것으로 보인다. 본 시험 양봉장에서 월동기 서양종과 동양종의 봉군 내 온도는 동양종이 매우 낮게 나타났는데 이는 동양종이 밀랍을 얇고 그 내부에서 봉구를 형성하기 때문에 봉군 센서 디바이스에 대한 봉구 온도의 반영이 서양종에 비해서 적게 된 것 때문이라는 추정이 가능하였으며, 기존 연구에서 토종벌의 외역 시간이 서양종보다 빠르고, 보다 저온에서도 활동이 가능하며, 비행 가능한 상태에서 가슴근육 온도, 육아 일벌의 가슴근육 온도, 봉군 내부 온도가 모두 서양종에 비해 낮다는 결과와 일치하였다(표 6). 실제 이른 아침과 비가 오는 날, 12월 이후 외역활동을 보면 동양종이 서양종에 비해 활발한 것을 관찰할 수 있었다. 서양종에서 생육온도의 범위로 볼 때, 7°C에서 활동이 마비되며, 5°C에서는 12시간 이내에 동사하고, 13°C 이하에서는 활동에 의한 열보다 상실되는 열이 더 크므로 외부활동을 할 수 없다고 한다. 7°C 미만일 때 먹이의 섭취를 위한 이동이 불가능하기 때문에 봉군의 아사, 동사의 발생 가능성이 있다고 판단하여 선행과제에서 월동기 정상범위 내 최저온도로 반영하였다. 동양종의 경우 추위에 강하다고 알려져 있고 평소 유지하는 온도 또한 서양종 보다 낮기 때문에 이를 참고하여 6°C를 월동 시 정상범위 최저온도로 설정하였다. 실제 월동기에 6°C 부근에 온도가 나타난 적이 있으나 봉군의 생존에는 문제가 발생하지 않았다. 이는 봉구권 외곽온도가 반영된 것으로 추정되나 서양종과 비교하였을 시 월등히 낮은 수치였다.

표 6 Ken T. et al. (2012) 의 연구결과, 동양종과 서양종의 온도 비교

주변온도 (° C)	측정	<i>Apis. cerana</i>	<i>Apis. mellifera</i>
6	외역 출발 가슴온도	21.8±0.23	23.6±0.22
	내역봉 가슴온도	14.5±0.16	19.7±0.16
	봉군 온도	33.1±0.05	34.1±0.05
20	외역 출발 가슴온도	30.7±0.3	31.4±0.2
	내역봉 가슴온도	28.9±0.3	29.2±0.2
	봉군 온도	33.7±1.8	34.2±0.9

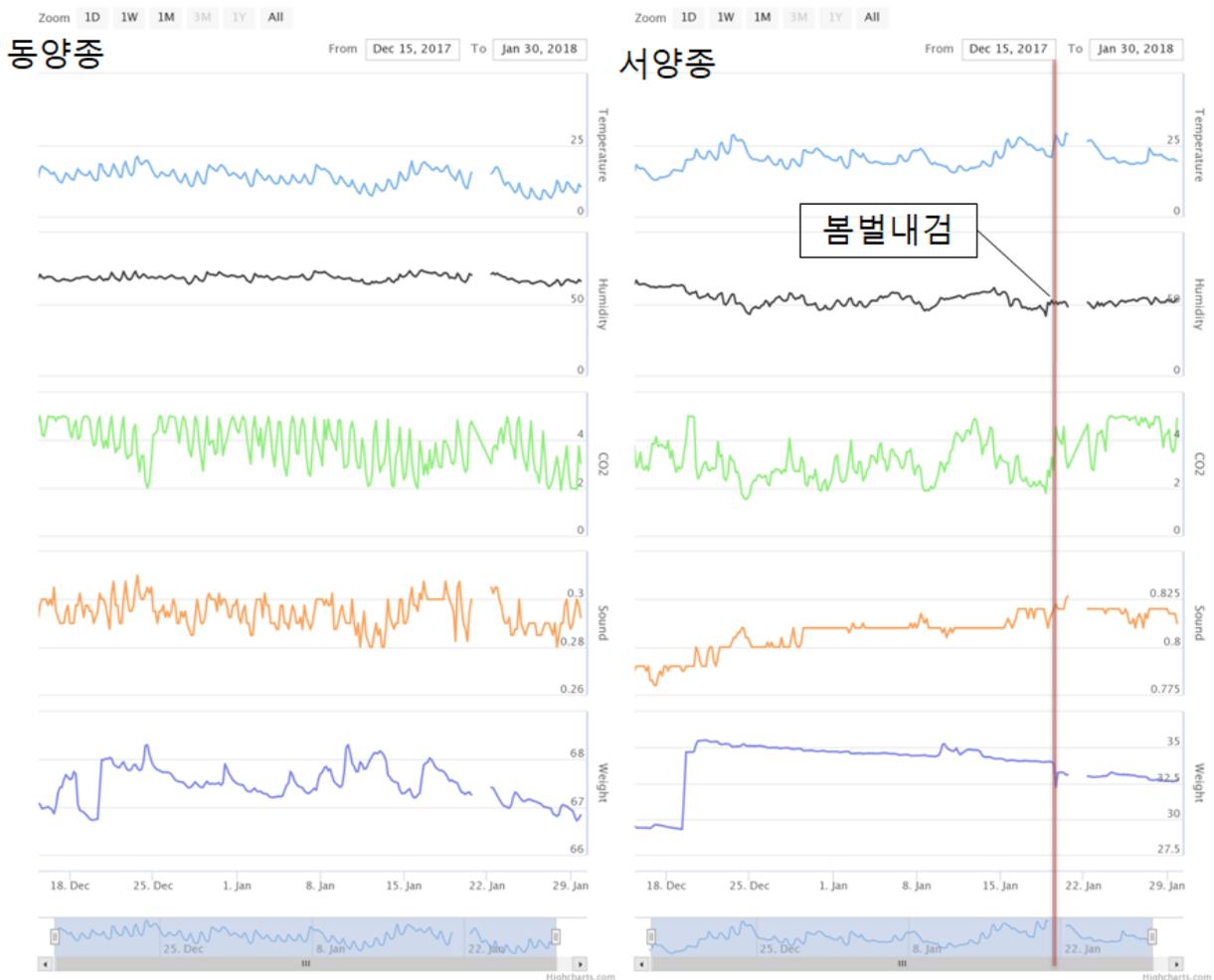


그림 34 2017년 12월 15일부터 2018년 1월 30일까지의 환경인자 변화

그림 34를 보면 동양종의 월동 중 내부 온도가 서양종에 비해 확연히 낮게 나타난 것을 알 수 있다. 동양종의 월동 온도 범위는 6°C ~ 20°C 를 나타냈으며, 서양종은 18°C ~ 29°C 를 나타냈다. 이는 봉군의 위치에 따른 차이, 월동포장의 차이, 사육상에서 봉구의 위치 차이(센서 디바

이스와 거리), 벌집을 깎아 봉군을 형성하는 동양종의 생태적 특성으로 센서에 봉구의 온도가 적게 반영되는 현상에 기인한 것도 있으나 중간 온도 유지 차이가 큰 것으로 사료된다. 무게의 경우는 서양종의 경우 비가림 시설에 위치하여 강우와 적설의 영향이 적었으며 직사광선에 노출되어 있었으나 동양종은 음지를 선호하는 관계로 비자나무 숲 주변에 봉군을 위치시켜 강우와 적설에 의한 무게의 변화가 크게 나타났다. 위 결과를 종합하여 온도의 정상치와 이상온도, 최저온도, 최고온도를 설정하였다(표 7).

표 7 온도의 정상치와 이상온도의 설정

시기	온도와 봉군의 상태
생육기	30 ~ 33℃ 산란 진행 중 정상범위, 36℃ 초과 환기 필요
산란중단, 월동기 이전	21℃ 이하 산란중단(생육기라면 내검 필요)
월동기	6℃를 정상온도의 최저치로 설정, 그 이하면 경보 발송

나. 습도의 정상치 도출

습도 또한 봉군에 중요한 환경인자이며, 습도가 너무 높거나 낮으면 봉군의 건전성에 영향을 미친다고 알려져 있다. 그 예로 50% 상대 습도 이하의 수준에서 알은 부화하지 않으며 90 ~ 95 %의 상대습도가 알 부화의 최적 수치이다(Doull, 1976). 그렇다고 봉군 내부의 상대습도가 90%를 육박하는 것이 건전한 것은 아니다. 이는 소방 내부에만 국한 된 것으로, 소방 내부 하단에는 유충의 먹이인 로얄제리가 존재하기 때문에 이를 통하여 높은 상대습도가 유지된다. 또한 J.M. Flores 등 (1996)에 따르면 30℃의 동일온도에서 상대습도가 68%일 때 불과 0.95%의 chalkbrood(백목병, *Ascosphaera apis*)가 발생하였으나 상대습도가 87% 일 때 발생률이 무려 7.75%로 나타났다. 그러나 석고병(*Aspergillus flavus*), 백목병(*Ascosphaera apis*) 같은 진균성 질병은 동양종에서 만연하지 않는다고 알려져 있다. 실제로 본 양봉장에서도 감염된 개체를 발견하지 못하였다. 그러나 상대습도가 지나치게 높거나 낮으면 봉군의 생육에 악영향을 준다는 것은 분명한 사실이다. 특히 봉개 되지 않은 유충은 언급하였듯이 습도에 매우 민감하여 수분을 유지해주는 먹이가 건조해지는 경우 생장에 치명적이다.

본 연구에서 봉군의 개량별통으로 도입 및 순화가 성공적으로 진행 된 이후로 봉군은 대체로 50 ~70 %의 상대습도를 나타내었으며 가장 낮게 나타난 것이 44%였으나 이는 봉군의 개량 사육상으로의 입식과정이 완전히 진행되기 전이었다. 상대습도는 외기의 영향을 비교적 많이 받았고 봉세가 강할수록 외기에 영향에도 일정수치를 유지하려는 경향이 강하였다. 약군의 경우 외기의 저하가 봉군 내부 상대습도에 반영되는 것을 알 수 있었다. 위 결과를 종합하자면 적정 습도를 50 ~ 80% 범위로 선정하는 것이 바람직하다고 사료된다.

다. 이산화탄소 농도의 적정치 도출

선풍 활동을 통한 꿀벌의 봉군 내부의 환기는 봉군의 온도 조절 수단이라고 오랫동안 인식되어 왔다(HUBER, 1814; LINDAJER, 1961). 그리고 꽃꿀의 농축과정을 가속화하는 수단으로 작용한다(REINHARDT, 1939). LACHER (1964, 1967)에 따르면 꿀벌은 CO₂ 수용체를 가지고 있어 CO₂ 농도를 구별 할 수 있는 것으로 나타났다. 이산화탄소의 경우 동물의 대사활동을 통해 방출되기 때문에 봉군 내 대사활동량과 비례한다고 볼 수 있다. 아래 그림 35는 강군인 8번 봉군의 도입 후 인공적으로 개량소초에 도입을 진행한 6월 12일부터 현재까지의 환경인자 변화를 나타낸 것이다. 9월 말부터 CO₂ 농도의 증가가 관측되었으며 온도의 저하가 나타나는 시점과 일치하였으며 온도와 반비례하는 경향이 뚜렷하게 나타났다. 이는 기온의 저하로 인한 발열활동의 증가를 나타낸 것으로 보인다. (Free & SpencerBooth, 1958)에 따르면 외기 온도가 20℃ 이상 일 때는 열 손실을 줄이기 위하여 봉군이 단순히 밀착한다고 하였고, 이 때 밀착된 봉군의 온도는 저온을 나타낸다(Simpson, 1961). 그러나 외기온도가 10℃ 이하 일 때는 봉군 내부의 온도를 올리기 위하여 대사를 통해 적극적으로 발열작용을 한다고 하였다(Free & Simpson, 1963). 이 연구결과는 현장에서 나타난 9월 말부터의 CO₂ 값의 상승을 잘 입증해주는 결과로 보인다. 저온이 지속되면서 단순히 밀착하여 열을 보존하는 단계에서 벗어나 직접적으로 대사를 통한 발열작용을 하였고, 발열작용에 의한 대사활동을 통해서 발생한 CO₂ 값의 증가로 나타난 것을 나타내는 결과로 보인다.

CO₂ 값의 범위는 매우 넓게 나타났다. 가장 낮을 때 1% 미만을 나타내었으나 이 또한 봉군의 개량 사육상으로 완전한 이전이 이루어지기 전이었으며 봉군이 생존 한 경우 항상 1% 이상의 값을 보였다. 가장 높을 때에는 센서의 최대 측정치인 50,000 ppm(5%)를 상회하였다. 그러나 봉군이 소멸하였을 경우 1% 미만을 나타냈기 때문에 봉군의 생존여부를 확인하는 데 있어 CO₂ 최소 값을 1%로 선정하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 그러나 그 외에 CO₂ 값을 단독적으로 정상치 범위를 설정하는 것은 무의미하며, 어떠한 이상현상의 발생 시 CO₂ 값이 급증하거나 급감하는 경향이 많이 나타났기 때문에 이를 통한 이상 현상 발생을 파악하는데 유용할 것으로 보인다. 그 예로 분봉과 장수말벌에 의한 침입 때 변화가 있다. 다른 인자와 상관관계를 통한 현상 해석에도 CO₂ 값이 유용하였다. 그 예로 봉군의 온도와 CO₂ 값의 반비례 현상이 있었다.

표 8 CO₂의 정상치와 이상현상에서 CO₂ 값의 변화경향

정상범위	생존 시 1% 초과하므로 1% 미만 사멸 추정 가능
외기온도 10℃ 이하	대사 활동에 의한 상승이 관찰됨
분봉발생	급증경향(제 4절 2. 참고)
말벌침입	대형말벌(장수말벌) 약탈 시 급증경향(제 4절 4. 참고)

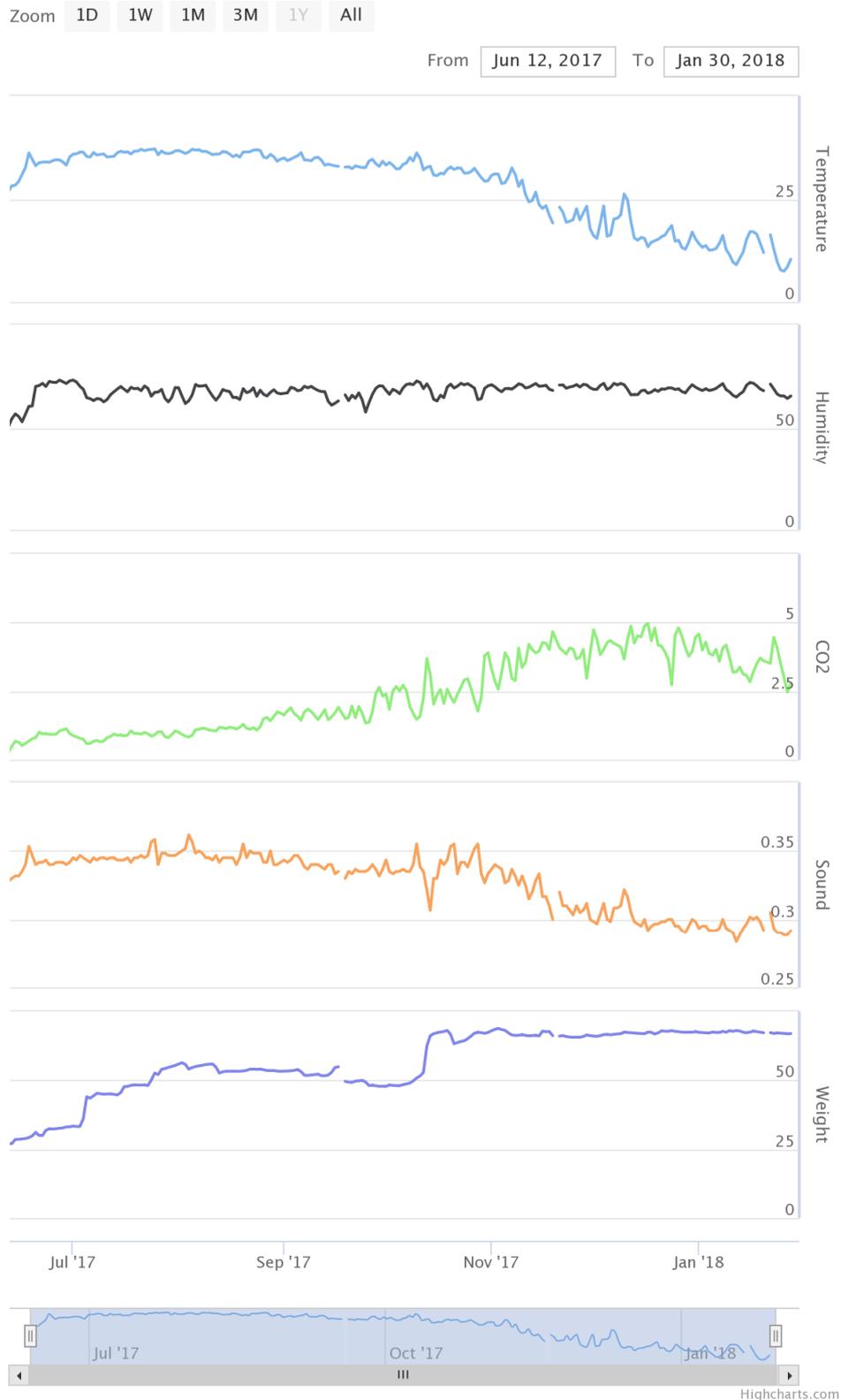


그림 35 2017년 6월 12일부터 2018년 1월 30일 까지의 봉군의 환경인자 변화. 9월부터 온도의 감소와 이산화탄소 농도 증가가 같은 시점부터 나타나는 것이 보인다. 이는 대사활동에 의한 발열과 그에 따른 이산화탄소 농도의 상승을 나타내는 것으로 Free & Simpson (1963)의 결과와 일치하였다.

2. 분봉 시의 내부 생육 인자 분석

토봉에서는 유난스럽다 할 정도로 분봉이 잦다. 봉군의 증식을 위하여 분봉하는 것은 종의 번성을 목적으로 살아가는 생명체에게 있어 지극히 자연스러운 현상이지만 자연분봉은 흑여 높은 나무위에 되면 벌을 보고도 분봉군을 받을 수가 없어 봉군의 망실이 발생한다. 양봉농가의 입장에서는 봉군의 망실과 동시에 봉군이 분봉 시 기존 봉군에 저장된 벌꿀을 초기정착에 이용하기 위한 식량으로 가져가므로 그 경제적 피해가 대단히 크므로 분봉의 징후를 미리 알아내는 것이 매우 중요하다. 토봉의 경우도 서양종꿀벌의 경우와 마찬가지로 생육환경이 열악해지거나, 꿀벌부채명나방 등 기생성 생물의 발생이 심화되어도 자연분봉 또는 도거가 일어나며, 그 빈도가 더욱 높다. 2016년 9월 14일 - 21일의 생육신호를 보여주는 아래의 그림36, 그림37은, 결과적으로 9월 21일에 분봉한 제 6군의 분봉징후를 보여주는 예가 될 것이다. 9월 19일 오후부터 이례적으로 80%의 습도를 나타내었으며 이산화탄소의 농도는 5%를 상회하는 값을 나타내었다. 분봉 전날인 9월 20일에는 오전 8시경부터 11시까지 이산화탄소 값의 고농도현상이 약 3시간 지속되었다. 이러한 현상은 서양종에서 나타나는 온도와 밀접성은 뚜렷하지 않았으나, 이산화탄소의 농도와 밀접한 관계가 있음을 나타내고 있다. 이러한 현상은 Heinrich (1981)의 실험방법을 참고할 때 의미 있는 내용이었다. 그러므로 토봉의 분봉현상의 징후는 습도의 상승과 이산화탄소의 급격한 상승을 주시하여야 할 것이다.

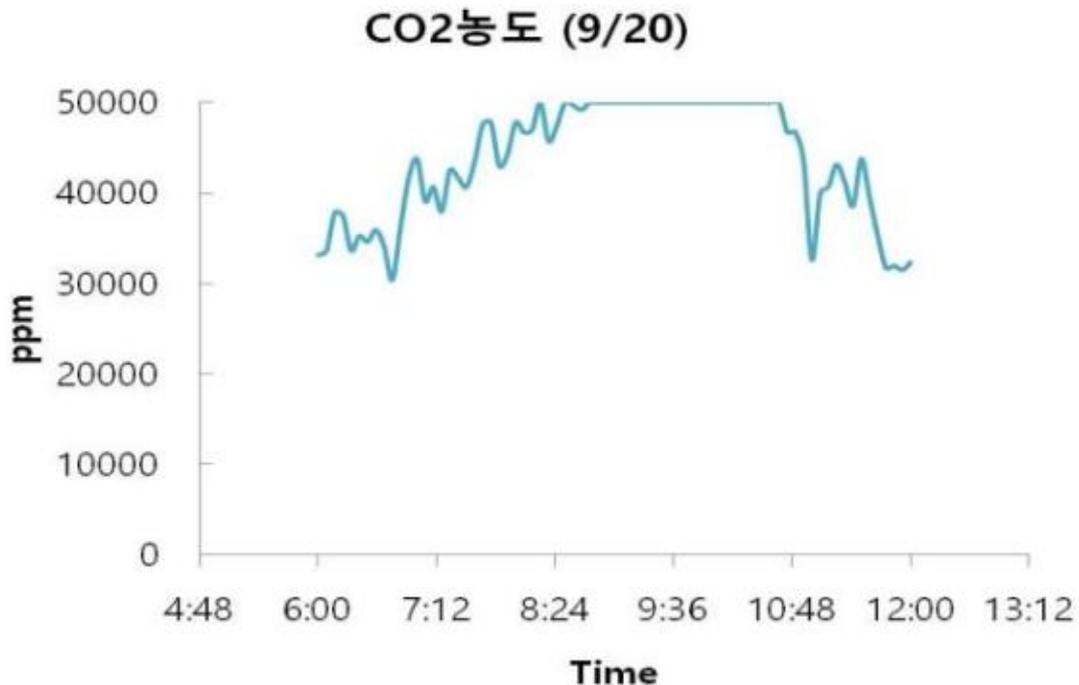


그림 36 분봉의 징후. 9/20의 CO₂ 농도 급격한 상승을 주목. CO₂ sensor는 최대 5% 범위의 것을 사용하였으므로 최대치의 값은 알 수 없었다.

[토증범통6](6CE6)

기간 : 2016-09-14

- 2016-09-21

검색

집기

그래프로 보기

원시데이터 다운로드

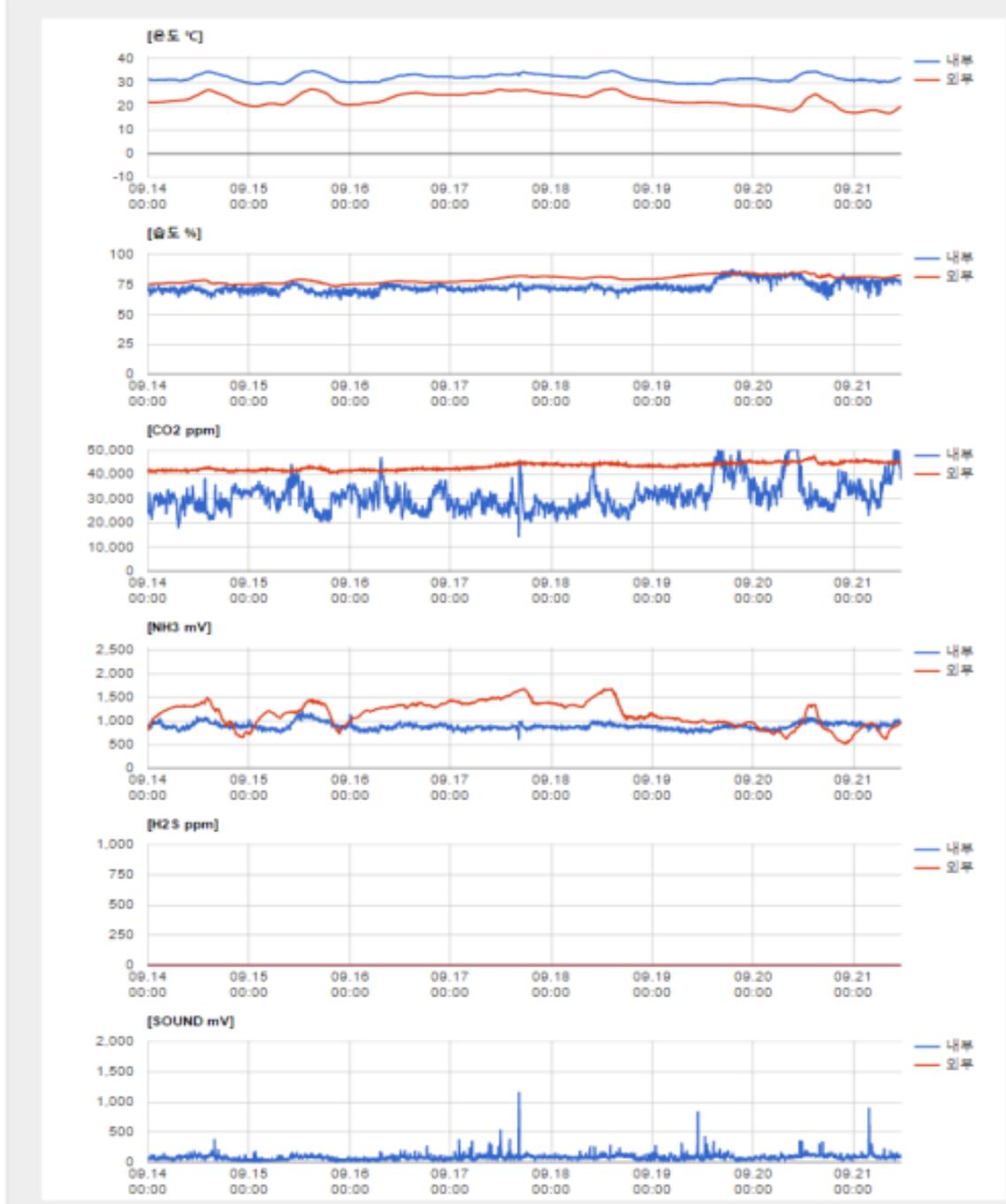


그림 37 분봉정후. 9/19 오후의 CO₂ 농도 급상승, 습도의 이례적인 상승을 주목. 9/21 분봉확인. 그러나 서양중에서의 분봉정후로 사료되는 37°C 이상의 온도상승은 관찰되지 않았다.

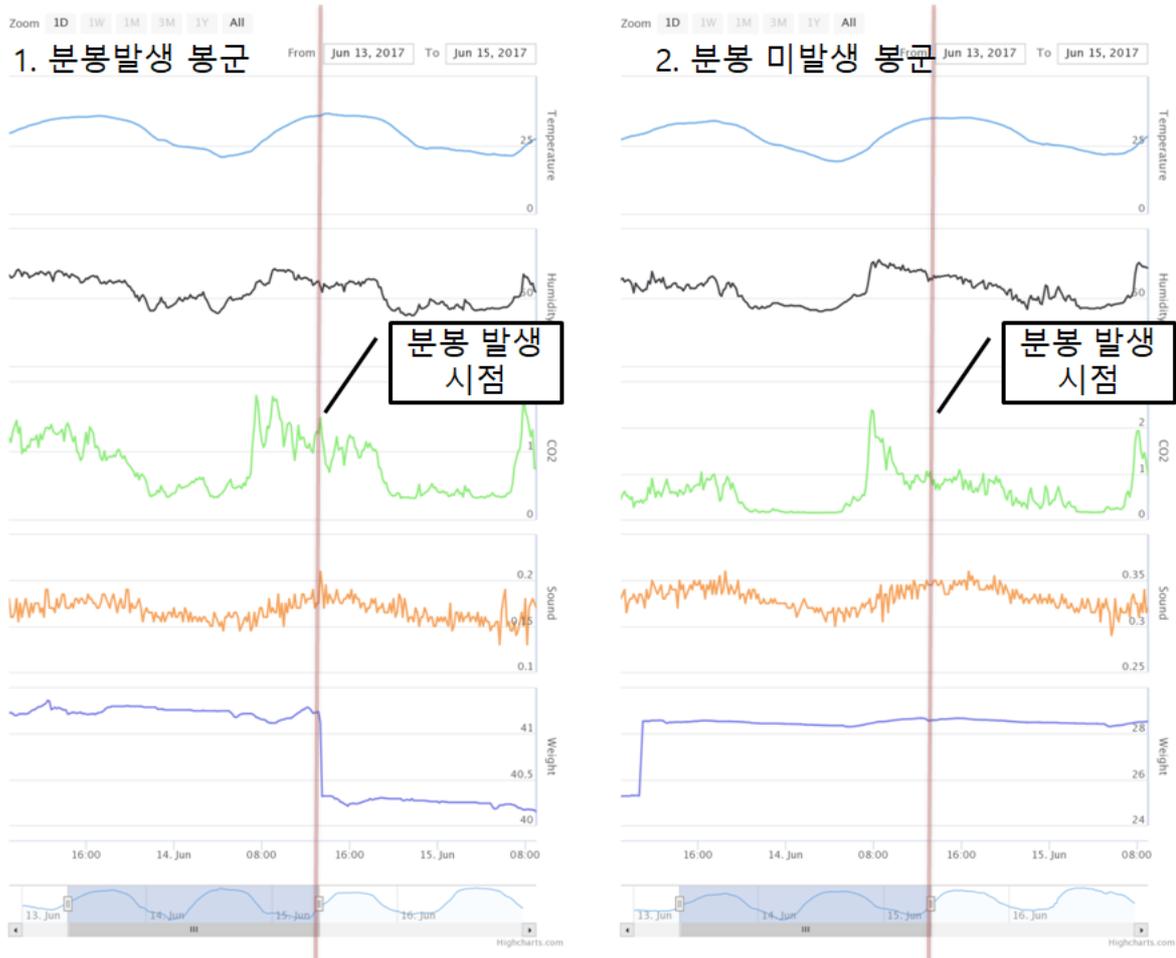


그림 38 2017년 6월 14일 발생한 분봉 실시간 환경인자 값 변화

그림 38은 분봉이 발생하는 것을 현장에서 직접 육안으로 관측하여 실시간으로 센서 디바이스를 통해 수집된 각각의 환경인자의 변동 차트로 분봉발생 봉군과 분봉이 발생하지 않은 봉군에서 동일한 시간에 수집된 데이터를 나타낸 것이다. 1차 년도에는 해당날짜의 분봉이 발생한 것은 확실하였으나 분봉이 진행된 명확한 시점을 파악하지 못하였으나 2차 년도에는 실시간으로 관측하여 의미 있는 데이터를 수집하였다.

분봉이 있기 전 2개의 봉군 모두 당일 오전 8시에 CO₂ 값이 약 2% 정도가 급격하게 증가한 것이 관측되었다. 이는 다른 날도 유사한 경향을 보여 오전 7시부터 오전 9시 사이에 이러한 현상이 지속적으로 발생하는 것으로 나타났는데, 해당 시간대가 외역봉들이 본격적으로 외역을 나가기 시작하는 시점이라는 것을 고려한다면 이것이 그 원인으로 일별이 비행하기 위해서는 일정 이상의 가슴근육의 온도가 필요하므로 이에 따른 대사활동으로 추정된다. 그 후 분봉이 발생한 14시 10분까지 분봉이 발생하지 않은 봉군의 경우 점차 CO₂ 값이 감소하는 경향을 보였으나 분봉이 발생한 봉군의 경우 높아진 CO₂ 값이 분봉이 발생한 시점 이후까지 유지되며 분봉이 절정에 이르렀을 때 분봉 이전보다 0.7% 증가한 것으로 나타났다. 이는 1차 년도에서 고찰한대로 CO₂ 값의 급격한 증가가 분봉열과 밀접한 상관관계가 있다는 것을 시사한다.



↓ 5분 간 약 1kg(993g) 감소



그림 39 분봉직후 무게의 급격한 감소 41.24kg → 40.31kg

분봉이 발생하였을 때 사육상의 증량은 분봉이 발생하기 전 미세한 감소와 증가가 있었으나 분봉이 시작된 시점에서 불과 5분 만에 분봉군이 봉군 밖으로 급격하게 빠져나가면서 993g의 증량감소가 단시간에 나타났다. 고찰하자면 이전의 미세한 무게의 변동은 정찰을 위한 분봉군의 출입으로 인한 현상으로 추정되며, 그 변동폭은 최대 100g으로 적었으나 분봉이 시작된 후에는 단시간에 많은 양의 무게가 감소하는 것을 알 수 있었다.

습도의 변화는 1차 년도에서 분봉하기 이전에 분봉군의 습도가 높게 나타난 것과는 다르게 2차 년도에는 분봉하기 이전에는 큰 차이를 보이지 않았다. 오히려 분봉이 진행된 후 약 12%의 감소가 나타났다. 다른 봉군의 동 시간 측정값과 비교한 결과 다른 봉군에서는 이와 같은 현상이 없었기 때문에 주목할 만한 변화라고 판단된다. 그러나 습도의 경우 외부 환경의 영향이 매우 큰 환경인자로서 이에 대해서는 보다 심도있는 고찰이 필요한 것으로 사료된다.

소음의 경우 분봉이 활발하게 일어나던 시점에 0.6mV의 상승이 관찰되었다. 소음센서의 경우 감도가 상대적으로 떨어지는 것으로 확인되었으나 5분 사이에 위와 같은 증가 값이 나타난 것은 주목할 만한 변화라고 판단된다.

종합하자면 분봉열의 발생 시 조기에 감지할 만큼의 급격한 환경인자의 변화는 2016년에 CO₂의 증가가 관측되었고, 2017년에는 분봉이 발생하기 전 분봉열에 따른 환경인자의 변화를

관측할 수 없었으나, 분봉이 발생한 시점에서는 급격한 환경인자의 변화가 관측되었기 때문에 발생이 시작된 시점에는 확실한 파악이 가능할 것으로 사료된다. 분봉이 발생하면 약 10분 ~ 15분의 단시간에 중량이 약 1kg이 감소하는 것으로 나타났으며, CO₂ 가 급격히 증가하거나 혹은 증가된 CO₂ 가 정상봉군에 비해서 장시간 유지되는 경향이 있는 것으로 나타났다. 또한 분봉 진행 후 습도 값이 12% 급감하는 현상이 나타났으나 습도의 경우 외부 환경의 영향이 크기 때문에 외부의 영향을 최소화한 상태에서 검증이 필요할 것으로 보인다. 소음 또한 분봉이 진행 중이던 5분간 0.6mV의 증가가 나타났으나 적용한 소음 센서의 감도가 떨어지는 문제가 있기 때문에 향후 소음센서의 개선 후 정밀한 분석이 필요할 것으로 사료된다. 따라서 환경인자 값의 변화를 통해 분봉의 발생이 시작된 초기에 조기 파악이 가능할 것으로 사료되며, 이는 분봉발생 알고리즘의 수립에 참고할만한 결과이다.

표 9 분봉 전과 분봉 진행 시 환경인자 값의 변화

환경인자	분봉 전(분봉열)	분봉
온도	-	-
습도		12% 급감(외부영향 고찰 필요)
CO ₂ 농도	증가하거나 증가된 상태유지	0.7% 증가
소음		0.6mV 상승
중량	미세한 증감(100g)	급격한 감소 993g

3. 분봉, 도봉, 채밀, 유밀기, 무밀기의 중량변동 분석

가. 중량데이터의 수집

봉군의 중량은 단순히 외역을 통하여 봉군내부로 유입되는 꽃꿀, 화분과 등 양봉농가의 경제성과 직접적으로 연관되는 생산물의 유입량과 적절한 생산시기를 가늠하는 역할 뿐만 아니라 봉세의 비교, 판단, 도봉, 분봉, 봉세의 약화 등 이상 현상에 대한 단서 또한 제공할 수 있는 중요한 요소이다.

시스템의 안정화가 이루어진 이후, 중량변동 신호는 정상적으로 수집되고 있다. 무밀기인 9/14부터 9/20까지의 수집신호는 다음 그림 40과 같이 나타나고 있다. 외부의 밀원도입은 되지 않았으며 이에 따른 당액사양을 실시하였다. 적용한 중량센서는 총 4대로서 결과적으로 약군인 1, 2, 3, 4군의 중량변화는 의미 있는 증감을 나타내지 않았다. 이는 시험 토봉군의 안정화가 이루어지기 어려웠던 것이 가장 큰 이유이다.



그림 40 토봉 사육상의 중량변동. 관리를 위하여 증소 등의 처치에 따른 큰 폭의 중량변동과 증체의 증식 및 유밀의 정도에 따른 일간 변동 값을 확인 할 수 있다.

중량 데이터의 경우 1차 년도에 이용하던 기존의 시스템에서는 다른 환경인자와 이원화되어 별도로 조회, 분석할 수밖에 없었으나, 2차 년도에 도입한 개선된 시스템에서는 다른 환경인자와 인터페이스가 통합되어 다른 환경인자와 중량 변동 값 간의 상호관계 분석이 보다 용이해졌다. 2차 년도에 도입하여 개량별통으로 입식한 7, 8번 봉군의 경우 입식이 성공적으로 이루어진 6월 중순부터 의미 있는 중량변화의 수집이 가능하였다.

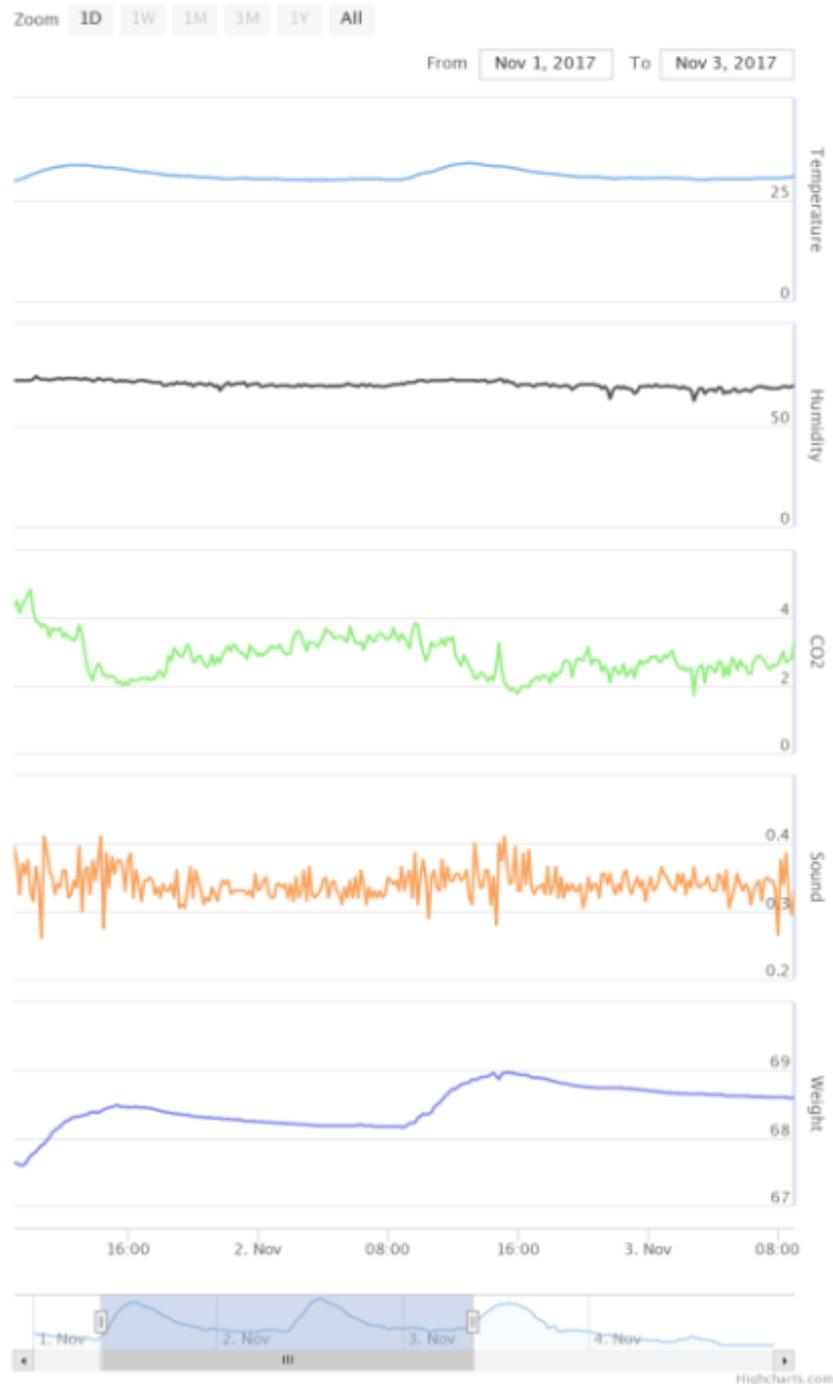


그림 41 개선된 웹사이트 모니터링 시스템의 ‘별통상태조합차트’ 중량 데이터와 다른 인자 간 상호 간 연관성, 비교분석이 용이해졌다.

나. 분봉 시 중량변동 분석

분봉 시 중량변동은 제 4절 2. 항목에서 이미 다루었기 때문에 간략히 결과만을 설명하였다. 분봉이 발생하기 이전 미세한 무게의 증감(100g)이 감지되었고 이는 분봉군이 1차적으로 머무는 지역을 정찰하기 위한 것으로 추정하였다. 분봉이 본격적으로 진행되어 분봉군이 외부로 이동하자 불과 5분 만에 약 1kg의 무게가 급격히 감소하였다.

다. 도봉 시 중량변동 분석

도봉이란 주변의 밀원이 감소하거나, 꿀벌이 월동을 위하여 먹이를 저장하고자 하는 본능이 강해지는 시기에 타 봉군의 저장된 벌꿀을 약탈하는 행위를 뜻한다. 도봉은 동종인 토종벌 봉군 간에 관리 소홀로 인하여 발생할 수 있으나, 서양종 꿀벌에 의한 피해가 더욱 큰 것으로 알려져 있다. 본 연구가 진행된 시험양봉장에서도 토종벌을 도입한 이래로 무밀기인 가을과 장마철에 서양꿀벌에 의한 지속적인 도봉이 발생하였다. 반대로 12월 이후 저온에서는 오히려 토종벌이 서양종 꿀벌의 봉군에서 도봉을 하는 것이 목격되기도 하였으나 서양종 꿀벌과 같이 대규모의 무리가 도봉을 하는 것은 관측되지 않았다. 본 연구에서 도봉에 의한 중량변동 분석은 도봉을 당한 봉군에 한해 진행하였다. 도봉을 행하는 봉군을 찾는 것은 도봉 피해를 조기에 확인하여 조치하는 것에 큰 도움이 되지 않으므로 도봉 피해가 발생하는 봉군에서의 중량변동 패턴을 분석, 파악하여 조기에 조치하기 위하여 진행하였다.

본 연구기간 중 2016년 11월과 2017년 7월, 2017년 11월에 각각 서양꿀벌에 의한 도봉이 발생하였다. 2016년 11월에는 분봉과 도거로 약화된 봉군이 서양꿀벌에 의한 도봉으로 큰 손실을 입었고, 결국 월동에 성공하지 못하고 소멸하였으며, 2017년 7월에도 2017년 6월 중순에 분봉으로 인하여 군세가 약화된 봉군이 도봉으로 인하여 소멸하기에 이르렀다. 2017년 11월에는 2016년과는 다르게 월동기 이전 당액공급을 하지 않았으나 도봉이 발생하였다. 그러나 군세가 비교적 양호하고 봉군이 건전하여 피해에도 불구하고 월동에 성공하였다. 도봉은 익히 알려진 대로 군세가 약한 봉군일수록 그 피해가 크고, 발생빈도가 높았으며, 무밀기인 11월에는 당액의 급여 유무와 무관하게 서양꿀벌에 의한 피해가 발생하는 것을 알 수 있었다.

2016년 10월 1일에 약군인 제4군에 서양종 벌의 도봉이 관찰되었다. 무밀기에 일어나는 일반적인 현상으로서 대부분 서양종벌에 의한 도봉으로서 소문 앞의 소요로 도봉을 확인할 수 있다. 환경신호로는 그림 43과 같이 이례적인 온도증가가 관찰되었으며, 소음의 정도가 높게 나타나고 있었다. 무밀기의 당액 사량을 시작하였으므로 전체적인 중량은 9/30까지 점차적인 증가가 있었으나, 약세를 보충하기 위하여 제 6군으로부터 우화직전의 봉충판을 1매 보충한 이후 10/1부터 중량의 감소를 보이고 있다 (적색 화살표). 이산화탄소의 변동도 있었을 것이나 센서의 노후로 신호가 탐지되지 못하였다. 상대적으로 토봉은 서양종벌에 비하여 체구가 작으므로 소문을 좁혀주었으나 즉각적이 효과는 나타나지 않고 있다. 특히 무밀기의 도봉을 방지하기 위한 숙련된 기술을 요하고 있으나, 본 과제의 목적으로 볼 때, 도봉의 직접적인 징후는 이례적

인 급격한 중량감소로 조기 인지가 가능한 것으로 판단되었다.

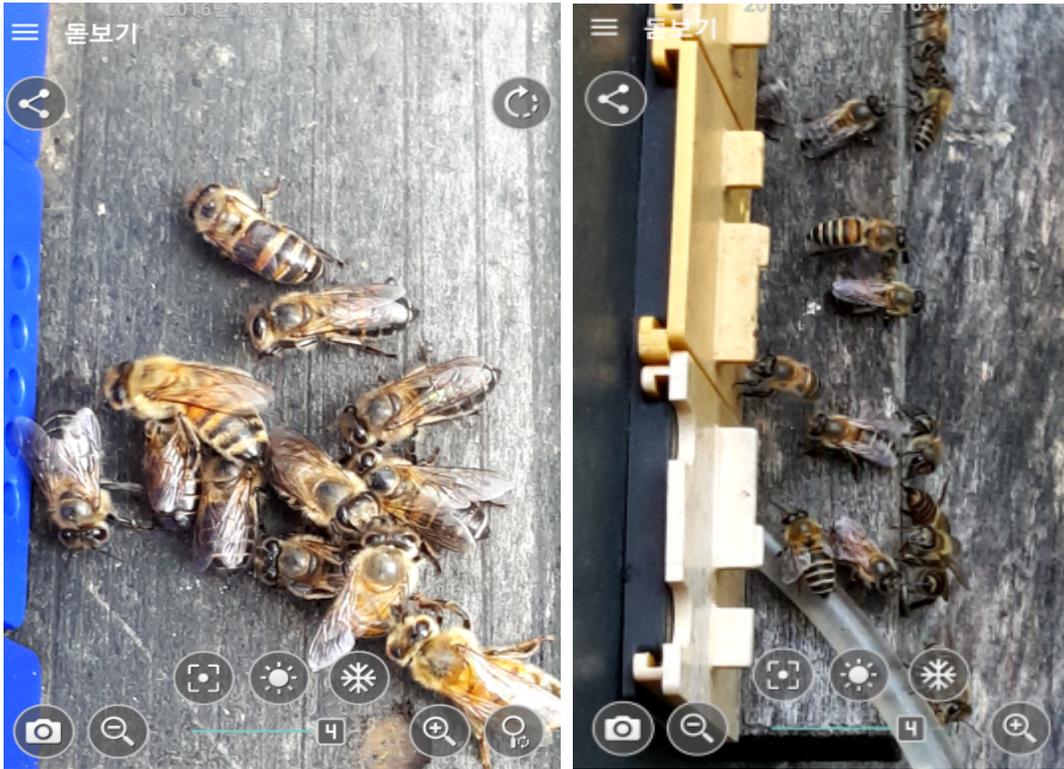
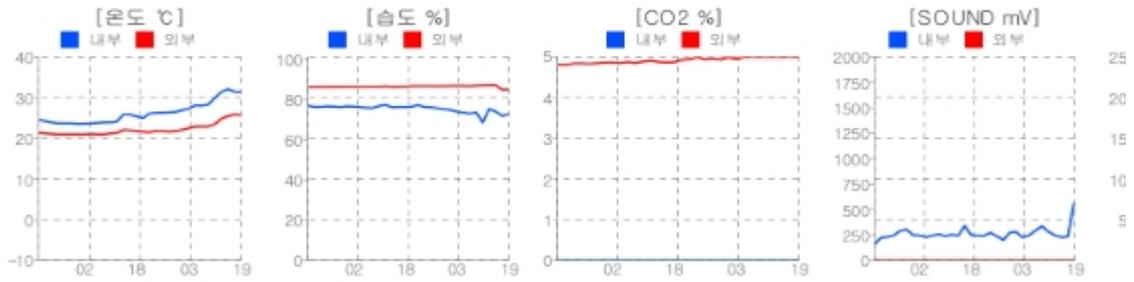
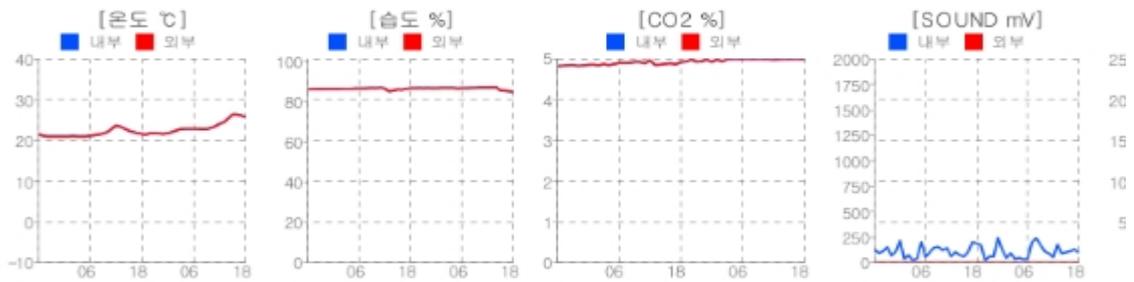


그림 42 제 4군 토봉사육상에 도봉은 서양종벌. 우측의 공격받지 않은 제 6군의 토봉에 비하여 소문앞이 소란하며 봉군간의 투쟁이 관찰된다. 좌측의 체구가 비교적 크고 황색이 우세한 벌이 서양종벌.

[토중별통4](8173)



[토중별통5](7DEC)



[토중별통6](6CE6)

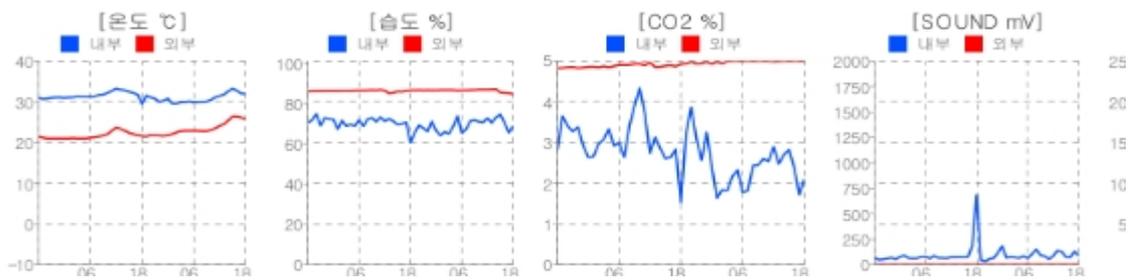


그림 43 도봉. 제 4군의 이례적인 온도상승과 소음치가 증가하는 특이사항 발생. 강 군인 제 6군과 비교요함.

수집시간: 2016-10-03 22:30:00



그림 44 도봉에서 보이는 중량신호의 변화. 당액사양 중임에도 불구하고 10/01이후 중량의 감소가 보임.

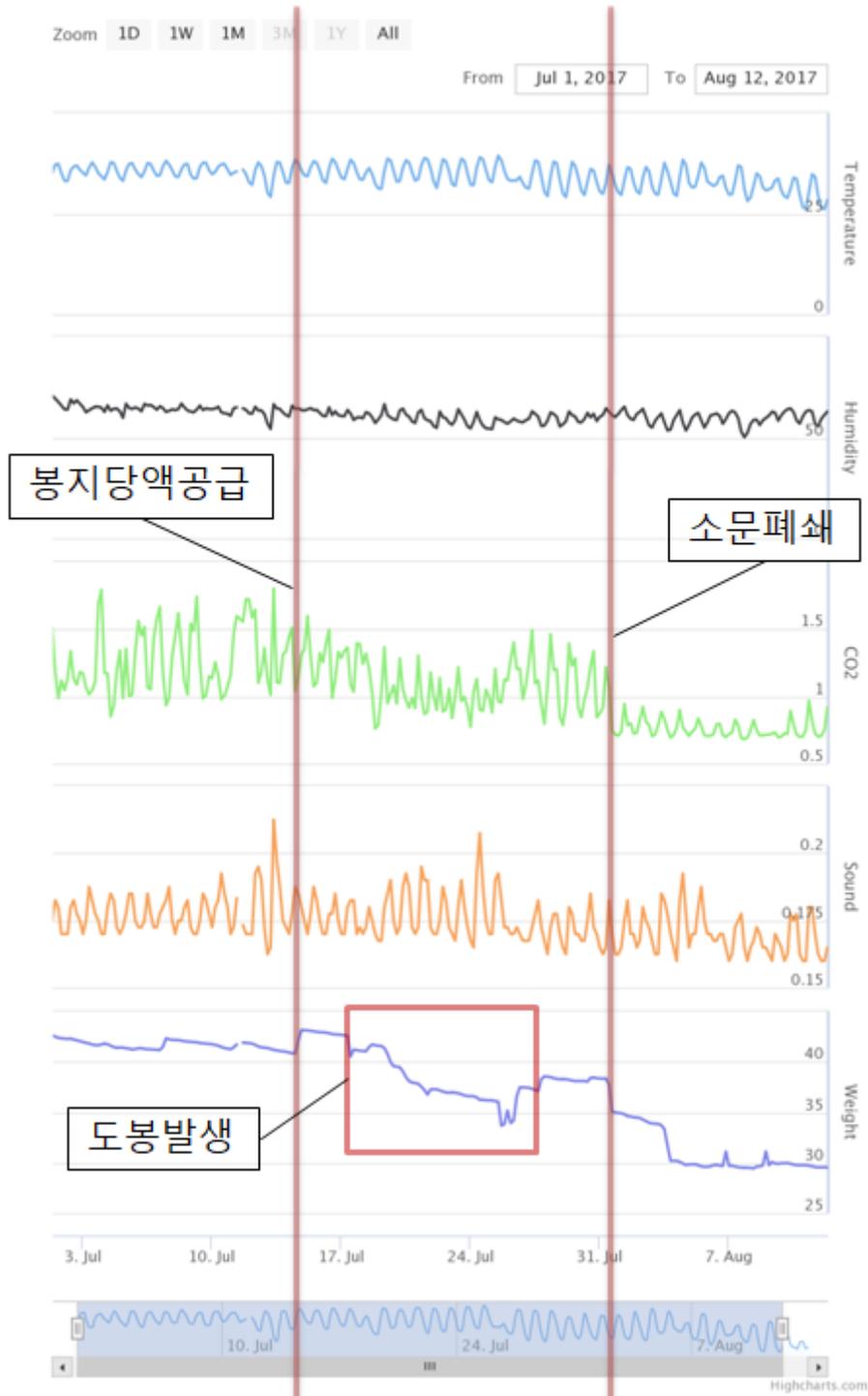


그림 45 2017년 7월 토종별 7번 봉군 도봉 피해에 따른 환경인자 값 변화

상단의 그림 45는 토종별 7번 봉군의 2017년 7월 1일부터 소멸이 최종적으로 확인된 2017년 8월 12일까지의 봉군 내부의 환경인자 값 변화를 나타낸 그래프이다. 도봉에 의해 가장 크게 변화하는 값은 봉군의 중량으로 도봉이 한창 진행되던 7월 18일부터 25일까지 일주일 간 무려 10kg 가량이 급격히 감소하였다. 도봉의 발생과 봉군 소멸의 원인을 두 가지로 추정하였다. 첫째로 2017년 7월 14일에 식품용 비닐봉투에 당액을 넣어 무밀기 먹이로 공급하였는데 이로 인

하여 무밀기 당액에 대한 집착이 매우 높은 상태의 서양꿀벌이 유인되어 도봉이 발생한 것으로 보인다. 상단 그림45를 보면 당액의 공급이 시작되고 약 2일 후 도봉이 발생하였음을 알 수 있다. 둘째로 2017년 6월 14일에 발생한 분봉으로 인하여 해당 봉군의 군세가 크게 약화된 상태였기 때문에 도봉에 대한 방어능력이 현저하게 떨어졌을 것으로 사료된다. 실제 이 시기 토종벌 8번에서도 도봉이 관측되었으나 방어에 성공하여 안정적으로 생육이 이루어졌고 군세의 성장도 센서 디바이스를 통해 수집된 값 중 중량의 증가를 통해 유추할 수 있었다.

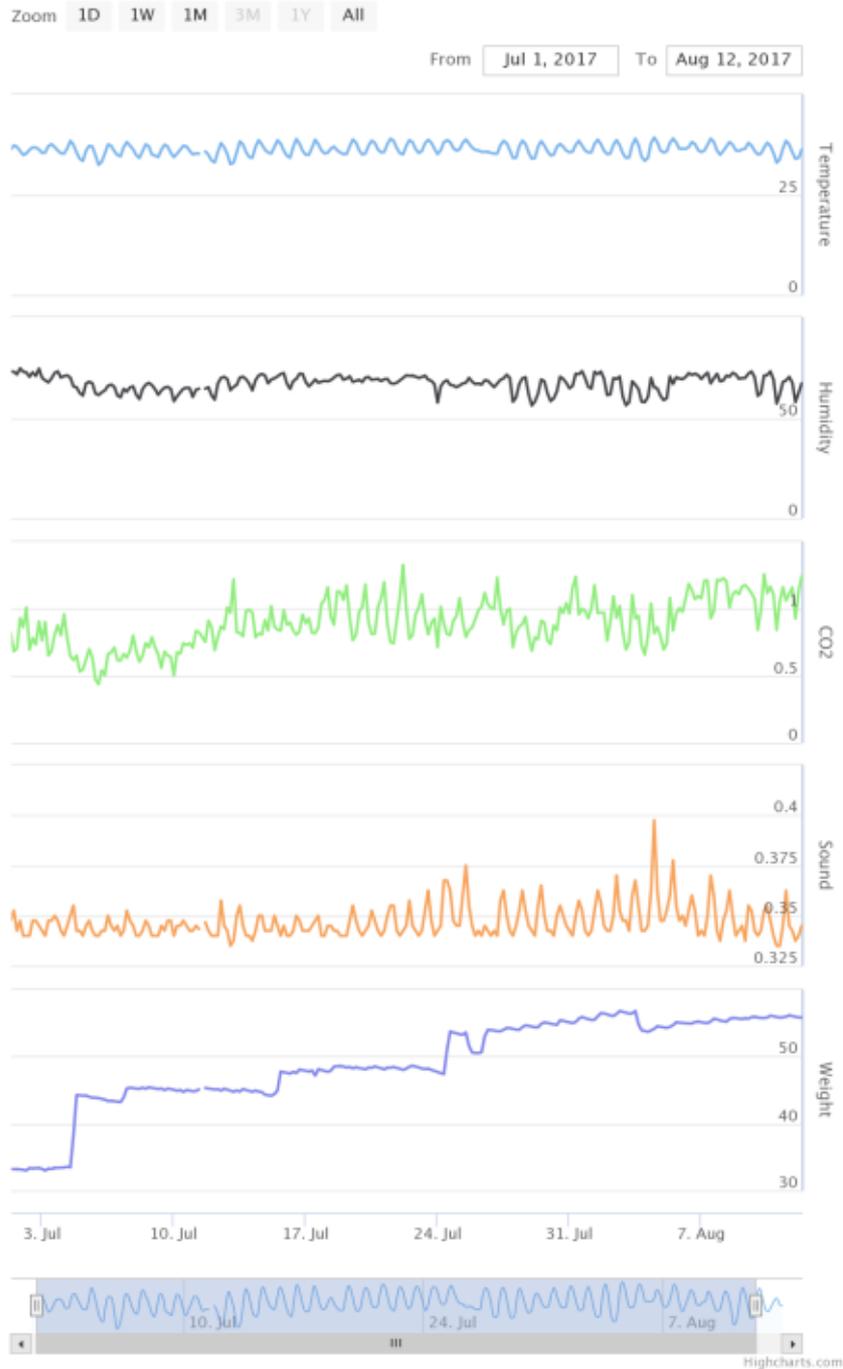


그림 46 토종벌 8번의 하절기 생육상태 토종벌 7번 봉군과는 다르게 중량의 꾸준한 증가가 관측된다.

4. 질병, 병해충을 포함하는 이상 징후의 signal 변화 분석과 경고발송 알고리즘 개발

가. 이상신호 수집 및 분석

(1) 질병진단 및 표출 신호분석

토종꿀벌과 서양종꿀벌의 공통적으로 작용하는 질병은 바이러스 병원체인 DWV(Deformed wing virus), BQCV(Black queen cell virus), SBV(Sacbrood virus), 세균성 병원체인 EFB(European foulbrood), American foulbrood(AFB), 그 밖에 *Nosema ceranae*, *Crithidia bombi*가 있다(Li et al., 2012). 토종꿀벌의 질병 연구는 서양종과 비교하였을 때 매우 미개척 분야로, 서양종 꿀벌의 병리에 관한 풍부한 정보와 비교하여 토종꿀벌을 포함한 아시아 꿀벌 중에 대한 병리학적 지식은 매우 기초적 단계에 머물러있다(Fries, 2011).

*Nosema ceranae*는 노제마병의 병원체로 동양종에서 처음 발견되었다(Fries et al. 1996). 그러나 유럽과 아시아에 분포하는 서양종 꿀벌에서 자연 발생 감염이 발견되었으며(Higes et al., 2006; Huang et al., 2007), 현재 전 세계에서 발견 되고 있다(Klee et al., 2007). 이처럼 병원체와 기생충이 종간에 어떻게 상호 작용하는지 이해하는 것은 예기치 않은 봉군 손실을 막는데 도움이 될 수 있다. 이미 *Varroa destructor*의 기주이동과 *Nosema ceranae*의 서양종 감염확산의 경우가 그 예로 볼 수 있다. 서로 다른 숙주 사이의 병원균 간 감염은 현재 생물 다양성 손실의 가장 중요한 원인 중 하나로 간주되며 심각한 숙주 - 기생충 상호 작용을 일으킬 수 있다(Deredec and Courchamp 2003). 이처럼 동양종 질병에 대한 연구와 방제는 서양종과 동양종이 모두 사육되고 있는 국내 상황에서 기주이동의 우려가 크기 때문에 토종벌 산업뿐만 아니라 양봉산업 전체를 놓고 보았을 때 매우 중요하다.

실험 봉군을 도입하기 전 PCR을 통하여 총 14종의 병원체에 대한 감염여부를 검사하였다. 제주도는 최근 만연하여 토종벌 봉군에 대하여 전멸에 가까운 피해를 야기한 한국형 낭충봉아부패병(kSBV)이 아직 발생하지 않은 청정구역이기 때문에 초고속 PCR, 단일항체클론을 이용한 간이진단 kit의 이용 등 신속한 사전검역이 더욱 중요할 것으로 사료된다.

동양종의 경우 서양종보다는 행동반경이 작다고 알려져 있으나, 광범위한 이동범위를 가지며, 청정구역이라는 지역적 특성을 고려하였을 때 인공감염에 의한 능동적인 데이터 수집은 전염의 확산 가능성이 있기 때문에 진행이 어려웠다. 이로 인하여 사육하는 과정에서 자연적으로 발생하는 질병에 대한 분석을 진행하였다.

2016년 10월 경 도봉으로 인한 약세화로 소멸된 봉군에서 부풀어 오른 형태를 가진 낭충봉아부패병 감염과 유사한 형태의 유충을 발견하여 단계별 유충과 번데기를 질병 검사의 시료로 채취하였다. 시료를 처리하기 위해 유충을 마쇄하는 과정에서 유충 체액에서 특이한 형태의 과립상 응집체가 관찰되어 현미경을 통한 검경을 실시하였다. 20배, 40배의 저배율에서 관찰될 정도로 비교적 큰 입자 크기를 나타내었다. 감염에 의한 특이 형태인지 확인하기 위하여 본 연구진이 개발한 단일항체클론을 이용한 간이진단키트를 사용하여 각 단계별 유충과 번데기, 성

충의 낭충봉아부패병(SBV) 바이러스의 감염 여부를 진단하였다. 그 결과 모두 음성으로 나타났으며 병원체의 의한 감염을 배제하고 체액의 형태를 분석한 결과 지방체인 것으로 추정하였다.

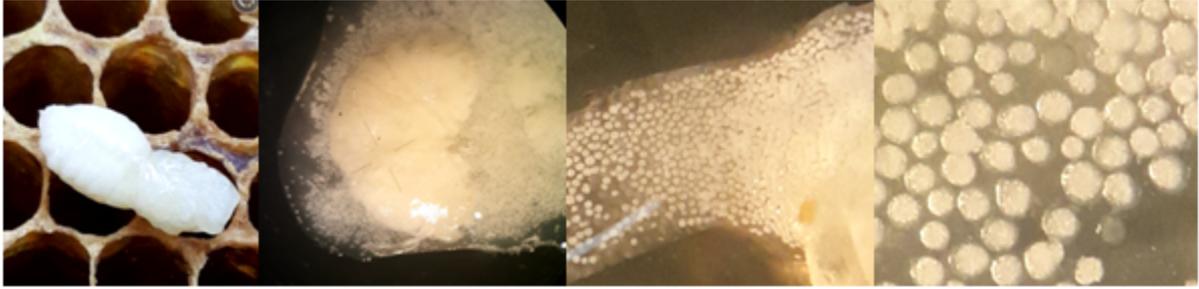


그림 47 SBV 감염과 유사한 형태의 유충에서 용출된 특이한 형태의 체액.

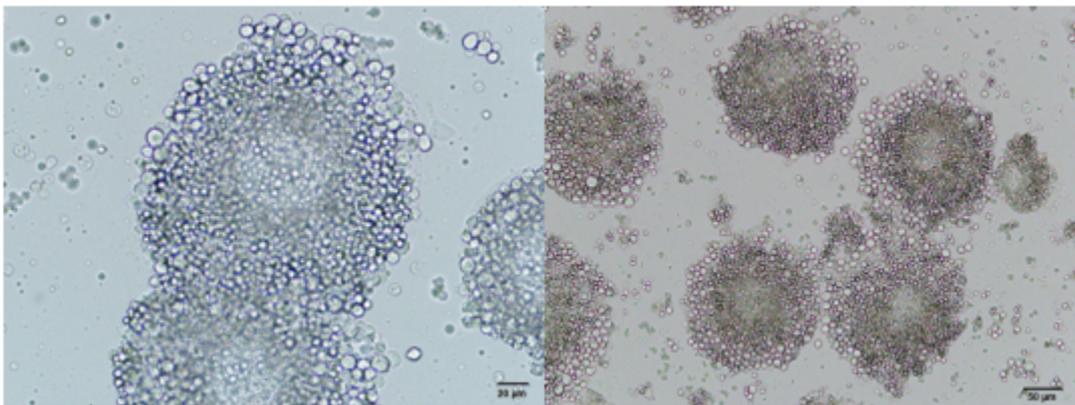


그림 48 광학현미경으로 확대한 사진. 좌: $\times 20$, 우: $\times 40$. 과립상 물질의 응집괴로서 SBV 감염에 의한 특이한 현상 여부를 알기 위해서는 추가적인 고찰이 필요하나, 곤충의 유충에 체액에 다량 존재하는 지방체로 추정된다.

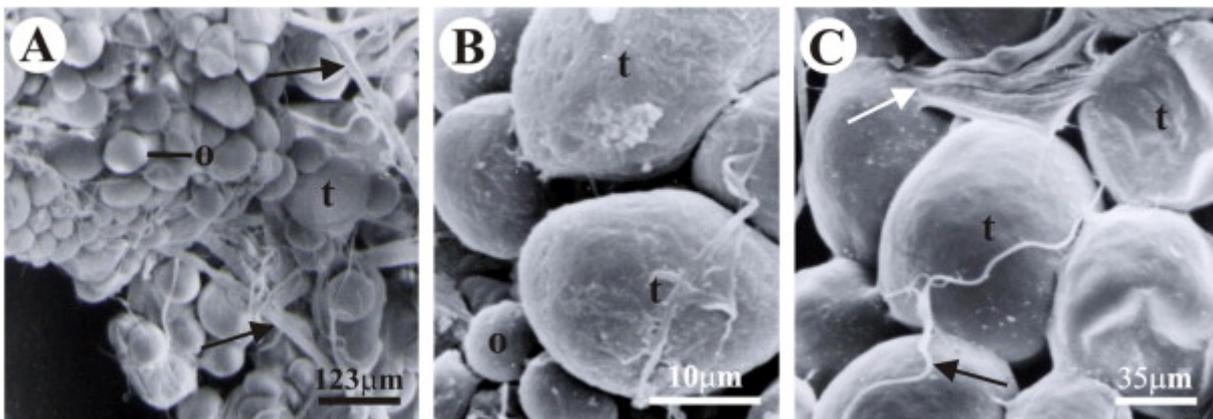


그림 49 지방체의 전자현미경 사진(G. C. Roma 등, 2010)

지방체는 곤충의 중간과정 대사에 관여하는 가장 중요한 조직으로 완전변태류 곤충의 유충에서 많이 관찰할 수 있다. 흰색 또는 노란색을 띄며, 탄수화물, 지질, 단백질의 대사에 관여하며 글리코젠, 지방, 단백질을 저장하는 기능을 하고, 혈당의 합성과 조절, 혈단백질인 헤모글로빈과 난황소전구체 등을 합성한다(삼고해충학, 향문사). 포유동물의 면역세포, 간세포, 지방세포의 기능을 모두 담당하고 있는 중요한 조직이다. 본 시료의 채집 기간이 10월이었으므로 월동을 위한 대사활동과 난황소 전구체의 합성, 지방, 탄수화물, 단백질의 저장이 더욱 활발하였을 것으로 추정된다.

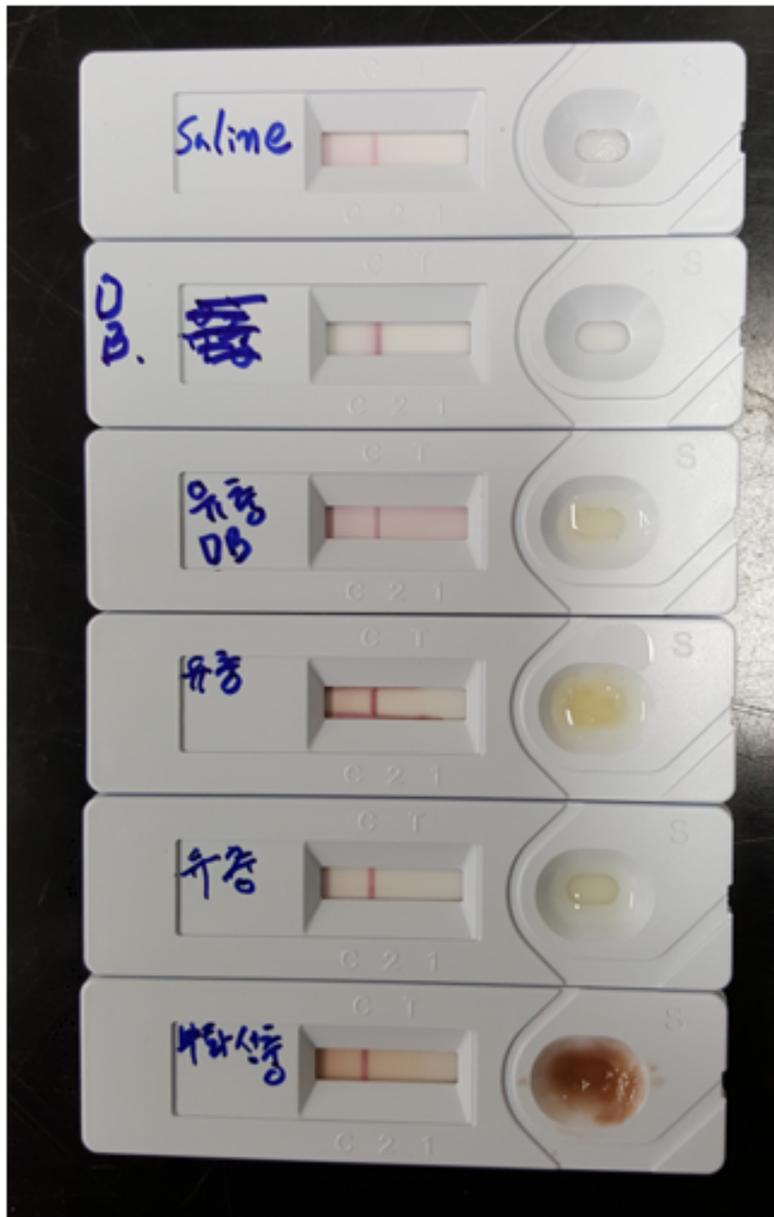


그림 50 토종벌의 유충과 성충을 본 연구진이 개발한 SBV간이진단키트로 검사한 결과 모두 음성으로 나타났다.

(2) 외부기생충, 기타 해충에 의한 이상징후 분석

(가) 꿀벌응애 및 중국가시응애

토종꿀벌에 기생하는 외부 기생충은 꿀벌응애(*Varroa destructor*)가 가장 대표적이다. 이들은 본래 토종꿀벌의 기생하던 것으로, 1904년 인도네시아 자바에서 기생하는 것이 발견되어 보고되었으나, 서양꿀벌로 기주이전에 성공하여 서양꿀벌에 막대한 피해를 주고 있다. 국내에는 1950년대 마산에서 최초로 발견되었다고 추정되고 있다. 토종꿀벌의 경우 본래 꿀벌응애의 기주로서 오랜 기간 이들과 공존하며 상호 진화해 왔기 때문에 이에 대한 인식능력과 청소 행동이 서양종 꿀벌에 비해 월등하게 뛰어나 그 피해가 매우 적은 것으로 알려져 있다. 기존 연구에 따르면 동양종에서 꿀벌응애를 제거하는 청소활동이 신속하고 효과적으로 나타나 꿀벌응애의 98%가 꿀벌의 몸에서 청소활동을 통해 제거되었다고 보고되었다(Peng et al., 1987). 또한 동양종에서 꿀벌응애는 알려지지 않은 이유로 수벌에게만 기생한다고 보고되었다(Anderson, 2000; Boot et al., 1996; Garrido, 2004; Rath, 1999). 위와 같은 이유로 꿀벌응애로 인한 피해는 서양종과 비교하였을 때 현저하게 적다고 볼 수 있다. 실제 본 연구과정에서 토종벌 봉군에서 꿀벌응애에 의한 피해를 찾아보기는 매우 어려웠으며, 농가에서도 서양꿀벌의 사양관리에서처럼 지속적인 응애 방제를 시행하고 있지 않다.

중국가시응애(*Tropilaelaps clareae*)는 꿀벌응애와 함께 꿀벌의 대표적인 외부기생충으로 꿀벌응애와 비교하자면 봉군 내에서 꿀벌의 유충의 체액을 흡즙하는 생활특성으로 동일한 생태적 지위를 가지며, 생활사도 비교적 유사하다. 국내에서는 1994년 제주에서 최초로 발견되었으며 중국에서 수입한 봉군을 통해 전파되었다고 알려져 있다. 일반적으로 토종꿀벌에는 가시응애류가 기생하지 않으며, 인도최대종(*Apis dorsata* 또는 *Apis laboriosa*)를 비롯한 인도, 동남아시아 여러 국가의 야생종 꿀벌에 기생하는 것으로 알려져 있다. 그러나 인도의 토종꿀벌(*Apis cerana indica Fabricius*)에서 가시응애가 기생하였다는 보고가 있었다(Delfinado-Baker, 1982).

종합하자면 꿀벌응애의 경우 토종꿀벌을 숙주로 인식하여 기생하지만 그 피해가 수벌에 한정되며 서양종과 비교하여 피해가 적다. 중국가시응애의 경우 국내 토종꿀벌에 대한 기생여부가 파악되지는 않았으나 아종단계에서 분화된 인도 토종꿀벌에서 기생이 보고되었기 때문에 기주 이전으로 인한 피해가능성이 있다고 사료된다. 본 연구과정을 진행하면서 꿀벌응애, 중국가시응애 감염여부를 내검을 통한 육안검사와 응애 피해로 인해 나타나는 날개기형봉 발생 여부 조사를 병행하여 확인하였으나 감염이 없거나 미미하여 관찰되지 않았다. 따라서 별도의 방제 또한 실시하지 않았다. 현장에서의 응애 감염이 거의 없거나 아주 미미하였기 때문에 이에 대응하는 환경인자 변화 값을 수집할 수 없었으며, 문헌상으로 알려진 바에 따르면 그 피해도가 매우 낮으며 봉군 스스로 응애의 개체수를 제어하는 능력이 있기 때문에 서양종에 비해서 상대적으로 그 피해가 적었다. 그러나 바이러스를 매개하기 때문에 흡즙에 의한 직접적인 피해보다 바이러스의 전파 매개충으로서의 주의와 관찰이 필요하다.

(나) 꿀벌부채명나방

하나의 봉군을 하나의 초개체로 본다면 토종벌 봉군에 있어서 가장 치명적인 외부 기생충은 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*)이라고 볼 수 있다. 토종꿀벌에 기생하는 해충이 동양종에 봉군의 붕괴를 야기할 만큼 심각한 피해를 주는 경우는 꿀벌부채명나방 외에는 보고되어 있지 않다. 서양종에서 가장 큰 피해를 주는 꿀벌응애와 중국가시응애는 동양종의 경우 그 피해가 매우 적다. 동양종의 경우 생육환경이 불리할 경우 잦은 도거와 분봉이 나타나는데 꿀벌부채명나방의 발생 또한 도거의 주원인이 되고 있다. 또한 꿀벌부채명나방과 유충에 기생하는 기생성 천적인 수중다리좀벌은 비행이 가능하기 때문에 이동성이 있다. 꿀벌부채명나방의 유충 또한 3m 이상 이동하여 다른 벌통에 이주할 수 있다(Nielsen, 1977). 이처럼 이동성이 있는 꿀벌부채명나방과 그 천적인 수중다리좀벌은 낭충봉아부패병 바이러스(SBV)를 보유한 상태에서 여러 봉군의 출입을 통해서 바이러스 매개체가 될 수 있다(Choi 등, 2012). 따라서 꿀벌부채명나방은 벌집을 가해하는 직접적인 피해 외에도 최근 토종벌 봉군에 창궐하여 대부분을 폐사시킨 낭충봉아부패병을 매개하는 간접적인 피해도 발생시키고 있다.

꿀벌부채명나방은 벌집 내부로 파고들어가 벌집을 직접 가해하는 생태 때문에 방제가 쉽지 않다. 대표적인 방법으로 온도처리, CO₂처리, P-dichlorobenzene(PDB), 아세트산, 시안화칼슘, 다이브롬화, 에틸렌 메틸 브로마이드, 포스핀 등 훈연처리가 있다(Hood 등, 2003). 화학적 방제는 벌꿀에 잔류 위험성이 있기 때문에 나비목, 딱정벌레목을 선택적으로 가해하는 곤충병원성 세균을 제형화한 BT제를 이용한 방제가 시도되어 균주의 선발과 독성단백질의 분류가 완료되었다. 그러나 현장에서 적용은 활발하지 않다. 일부 토종벌 농가의 의견에 따르면 서양종에서 봉군의 관리과정에서 봉군을 진정시키기 위해 사용하는 썩 훈연도 지양하는 것을 권장한다고 하였다. 이는 서양종에 비해 인위적인 처리에 의한 환경변화에 민감한 것에서 기인하는 것으로 추정된다. 따라서 상단에 언급한 화학적 방제, 특히 훈연처리의 이용은 매우 제한적일 것으로 사료되며, 1년에 1회 채밀하는 토종벌 경영형태 특성상 정리채밀을 진행하는 서양종 사양에 비해서 봉산물에 대한 화학물질의 오염 축적도 우려된다.

본 시험 양봉장에서도 동양종에 가장 큰 피해를 주는 해충은 꿀벌부채명나방이었으며, 서양종의 경우 봉군에 대한 직접적인 피해는 거의 나타나지 않았고, 사양과정에서 확보하여 저장한 저밀소비를 훼손하는 피해가 심각하게 나타났다. 2017년 새로 도입한 동양종 봉군에서도 도입 이전부터 이미 꿀벌부채명나방이 존재하는 것을 확인하였다. 서식위치는 사각벌통 층간 틈새와 상단에 덮개와 벌집 사이 공간으로 일벌의 출입이 어려운 곳 이었다. 군세가 강한 경우 개량벌통의 내부 보온판과 벌집 측면이 마주하는 곳, 사각벌통은 나무 덮개와 벌집 틈새와 같은 일벌의 통행이 어려워 청소활동이 불가능한 구역에 주로 서식하였으며 이로 인하여 강군의 경우 소방에 대한 직접적인 피해는 크게 나타나지 않았으나 군세가 약세화된 약군의 경우 소방을 직접 가해하는 빈도가 높았으며, 소멸단계에 이를수록 가해 활동이 큰 경향을 보였다. 따라서 꿀벌부채명나방의 피해를 방지하기 위해서는 벌통의 바닥과 벌통과 벌집이 접하는 공간, 보온

관, 센서 디바이스와 벌통이 접하는 공간 등 꿀벌의 통행이 어려운 틈새에 주로 서식하는 특성상 해당 구역을 수시로 관찰하여 물리적인 포살을 실시하는 것이 가장 부작용이 적고 효과적인 방제법이라고 판단된다. 이러한 방법이 생산물과 생육에 대한 영향이 낮을 것으로 사료되기 때문에 발생을 조기에 예찰하여 포살한다면 효과적일 것으로 판단된다. 그러나 대부분의 봉군이 발생과 피해 정도의 차이가 있을 뿐 꿀벌부채명나방 유충을 보유하고 있으며, 발생과 피해가 심하지 않은 경우 육안으로 관찰된 이후에도 급격한 센서값의 변화는 감지되지 않았기 때문에 본 시스템을 통한 조기에찰은 실질적으로 어려울 것으로 사료된다. 그러나 꿀벌부채명나방에 의한 벌집의 직접적 피해는 균세의 약세화에 따라서 그 피해도와 가해반경이 늘어나기 때문에 봉군의 약세화를 본 시스템을 통해 파악하여 심각한 피해를 입기 전에 조치가 가능할 것으로 보인다.



그림 51 꿀벌부채 명나방의 견사터널과 고치(좌), 피해를 입은 봉군의 모습(우)



그림 52 분봉으로 인한 약세와 도봉으로 소멸한 봉군의 모습
봉세가 약화되면 필연적으로 꿀벌부채명나방이 창궐하기 시작하였다. 하단에 꿀벌부채명나방의 배설물과 견사가 보인다.

(다) 말벌

양봉산업에서 주요 병해충 중 말벌류는 기생성 해충이 아닌 포식성 천적으로 봉군의 외역봉을 사냥하거나, 대형말벌의 경우 무리지어 봉군을 직접적으로 공격하여 봉군을 소멸시키기도 한다. 말벌은 꿀벌의 심각한 천적으로 봉군에 상당한 피해를 입힐 수 있다. 공격이 지속되면 봉군이 약해지며, 대부분의 봉군은 멸망하거나 도거하게 된다.(Singh 1972, Sharma and Raj 1988, Shah and Shah, 1991). 자연의 법칙에 따르면 살아있는 유기체는 천적에 대항하는 하나 이상의 방어 전략을 개발한다(Okada 1984, Matsuura 1973, 1988). Ichino와 Okada (1994)에 따르면 일본 동양종(*Apis cerana japonica*) 일벌은 침입하는 황말벌(*Vespa simillima xanthoptera*) 일벌에 대항하여 봉구를 형성하여 말벌을 둘러쌓아 열을 내어 봉구 내에 황말벌을 열과 질식작용으로 죽이는 것이 보고되었다. 본 연구가 진행되는 동안 시험양봉장에서 말벌 봉군의 최성기인 7월부터 10월까지 소문 앞에 사망한 황말벌 개체가 종종 발견 되었으며, 소문 앞 전투장면도 목격 되었다. Koeniger와 Fuchs(1973)가 보고한 것과 같이 말벌이 소문에 접근하였을 때 집단으로 몸(배)을 흔들며 위협하는 행동(shimmering) 또한 관찰되었다. 이는 말벌에게 위협적으로 보여 말벌을 내쫓는 효과가 있다고 보고되었다.



그림 53 shimmering 행동 장면(인터넷 발췌), 토종벌의 집단 방어 행동으로 사망한 황말벌

국내에 분포하는 말벌은 쯤말벌(*Vespa analis parallela*), 큰홀눈말벌(*Vespa binghami*), 등무늬말벌(*Vespa crabro crabroniformis*) 말벌(*Vespa crabro flavofasciata*), 꼬마장수말벌(*Vespa ducalis*), 검정말벌(*Vespa dybowskii*), 장수말벌(*Vespa mandarinia*), 털보말벌(*Vespa simillima simillima*), 황말벌(*Vespa simillima xanthoptera*) 등 검은말벌(*Vespa velutina nigrithorax*)로 총 9종(2아종 포함)으로 보고되었다(Choi et al., 2013). 본 연구가 진행된 제주대학교 양봉 시험장에서는 황말벌 1종만 출현하였는데 이는 주로 고지대에 위치한 제주도 양봉장에 출몰하는 말벌이 황말벌 1종만 존재한다는 본 연구진의 연구결과와 일치하였다(Jung et al., 2014).

황말벌에 의한 피해양상은 소문 앞과 그 주변에서 소수의 황말벌이 hovering(비행정지)상태에서 배회하다가 착륙판에 위치한 일벌이나 외역과정에서 소문을 출입하기 위해 비행하는 외역봉을 낚아챌 후 주변에 존재하는 나무에 거꾸로 매달려 날개와 머리, 배부분을 제거하고 비행근육으로 이루어져 단백질이 풍부한 가슴부위만을 벌집으로 가져가는 형태를 보였다. 대형말벌인 장수말벌의 경우 저항하는 일벌을 공격하여 모두 죽인 후 봉군 내의 유충과 벌꿀을 약탈하는 형태를 보이는데 소수의 말벌이 소수의 개체를 외부에서 사냥하는 중소형 말벌과는 대조적이다.

황말벌과 같은 중소형 말벌의 경우 주로 봉군 외부에서 외역봉을 낚아채는 방법으로 이루어지며 장수말벌과 같은 대형말벌 또한 봉군의 피해가 어느 정도 발생한 이후에야 내부로 침입하기 때문에 봉군 내부에 위치한 센서디바이스를 통하여 말벌침입 데이터를 조기에 감지하는 것은 어려울 것으로 추정하였으며, 실제로 황말벌의 출몰로 인한 데이터의 큰 변동은 없었다.

그러나 동일한 시기에 경기대학교 양봉 시험장에서 2017년 9월 중순 이후 대형종 말벌인 장수말벌에 의한 약탈 행동과 이에 따른 환경인자의 변화가 포착되었다. 9월 19일에서 9월 27일까지 약 7일 간 장수말벌에 의한 지속적인 공격이 나타났다. 그 피해로 인한 봉군의 약세화 속도가 매우 빨라 봉세의 확연한 약화를 센서디바이스에서 수집된 데이터 특히 중량 데이터의 변화로 쉽게 파악이 가능하였다.

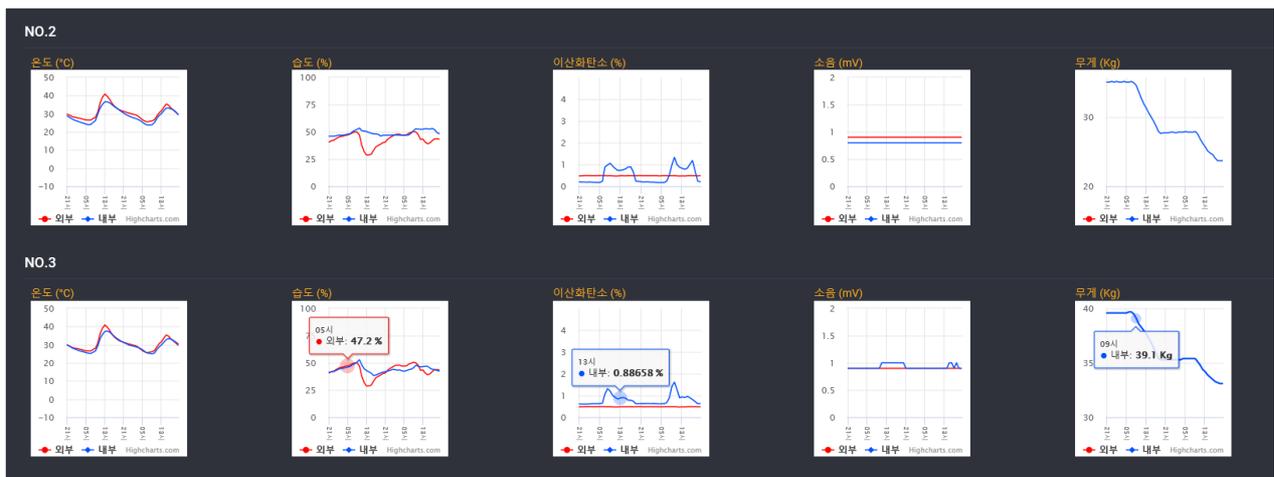


그림 54 9월 27일 1일간 경기대학교 2번, 3번 봉군의 환경인자 변화
중량의 급격한 감소와 CO₂의 이례적인 상승이 관찰되었다. 이 시기에 지속적인 피해로 도거가 발생하여 봉군이 소멸되기에 이르렀다.

장수말벌의 공격으로 2017년 9월 19일에서 27일까지 10kg 이상의 무게 감소가 나타났으며 제주대학교 7번 봉군에서 7월 18일부터 25일까지 도봉발생으로 약 7일간 10kg의 감소가 관찰된 것과 유사한 경향을 나타냈다. 계단형태를 나타내는 중량 감소 경향이 나타났으며, 무게의 급격한 감소가 발생한 시기에 CO₂ 상대농도가 약 1% 이상 상승하는 현상이 나타났다. 이는 말벌에 의한 약탈 피해로 저밀된 꿀과 봉군의 개체수가 감소하여 나타나는 중량의 감소와 말벌

에 대한 저항활동에 의한 CO₂ 상승의 반영, 환경이 불리해지면 벌통을 버리고 도망가는 현상이 잦은 동양종의 습성 상 도거 또한 발생한 것이 반영된 것으로 추정된다. 그러나 소음센서에서 측정된 값은 3번 봉군에서 미세한 변화가 측정되었으나 말벌침입에 의한 것으로 확정지을 수 없었다. 향후 감도 높은 제품으로 개선한다면 말벌과 꿀벌의 음향차이와 말벌 출몰시 방어 행동으로 나타나는 소음이 반영 될 것으로 기대된다.

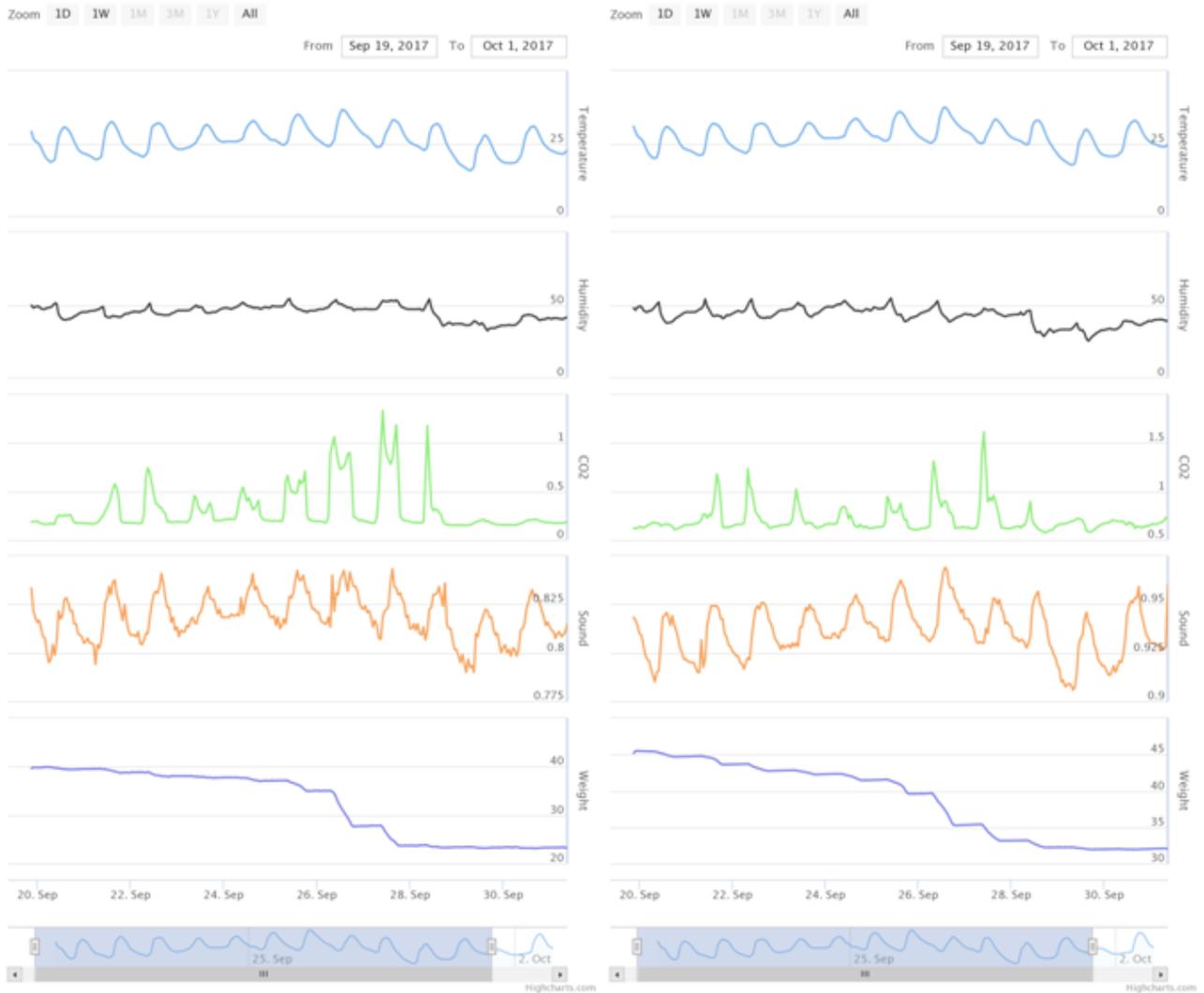


그림 55 2017년 9월 19일에서 10월 1일까지 말벌 피해 발생 시기
경기대학교 7번, 8번 봉군의 상태조합차트

종합하자면 제주지방에서는 대형종인 장수말벌이 부재하여 말벌에 대한 피해가 크지 않았으며 봉세가 강할 경우 황말벌의 사체도 종종 발견될 만큼 자체적으로 적극적인 방어활동이 관측되었다. 그러나 말벌의 출몰 시 방어활동에 치중하게 되면 외역에 쏟아야할 에너지가 분산되기 때문에 간접적 피해 또한 예상되지만 봉군의 소멸을 우려할 만큼 심각한 피해는 나타나지 않았다. 그러나 최근 전국적으로 확산되고 있는 외래종인 등검은말벌의 경우 황말벌과 크기가 비슷한 중소형말벌이나 양봉 농가에서 체감하는 피해도가 매우 높고, 빈도도 잦기 때문에 향후 그 피해에 대한 심도있는 비교 분석이 필요할 것으로 사료된다. 대형종인 장수말벌의 경우 그

피해는 예상했던 것보다 심각하였다. 서양종과 비교하여 동양종은 오랜 시간 장수말벌과 동일한 서식지에서 생존해왔기 때문에 봉구를 형성하여 열을 내어 봉구 내에 말벌을 열과 질식작용으로 죽이는 단체 방어행동이 뛰어나다고 알려져 있다. 따라서 말벌에 의한 공격이 심하더라도 봉군이 소멸되는 정도에 이르지 않을 것으로 추정하였으나 지속적인 피해로 급속도로 봉군이 붕괴되는 것이 중량감소를 통해서 나타났으며, 결국 봉군이 도거, 소멸하는 단계에 이르렀다.

표 10 말벌 침입에 따른 5가지 환경인자 값의 변화 경향

	중소형말벌	대형말벌
온도	변화 없음	변화 없음
상대습도	변화 없음	변화 없음
CO ₂	변화 없음	CO ₂ 증가 관찰(약 1% 상승)
소음	향후 소음 센서 개선 후 조사필요	향후 소음 센서 개선 후 조사필요
중량	변화 없음	급격한 감소 관찰(7일간 10kg 감소)

(라) 고찰

종합하자면 동양종의 경우 서양종에 비해 외부기생충인 꿀벌응애, 중국가시응애에 대한 인식과 청소활동을 통한 방어능력이 뛰어나기 때문에, 그 피해가 매우 적었으며, 데이터의 수집 또한 어려웠다. 또한 꿀벌응애는 바이러스의 매개체로서 직접적인 피해가 적더라도 주의 깊은 관찰이 필요할 것으로 사료된다. 그러나 중국가시응애의 경우 토종꿀벌 아종(인도종)에서 기생한다는 보고가 있었기 때문에 향후 지속적인 예찰이 필요할 것이다.

말벌의 경우도 마찬가지로 서양꿀벌과는 다르게 집단으로 대항하는 능력이 뛰어나다. 봉구형성을 통한 단체 방어, 위협행동(shimmering)이 발달하여 중소형말벌인 황말벌에 대해서는 방어를 무난하게 해내는 모습을 보여 큰 피해가 발생하지 않았으나 말벌이 출몰하면 외역에 지장이 발생하기 때문에 경제적 피해는 클 것으로 추정된다.

대형말벌인 장수말벌에 의한 피해는 예상과 다르게 매우 크게 나타났다. 7일 간 10kg 이상의 중량감소가 나타났으며 이례적인 CO₂ 값의 증가가 나타났다. 그 결과 봉군은 급속도 약화되어 소멸되기에 이르렀다. 이러한 환경인자 변화 패턴을 참고한다면 향후 말벌 침입에 의한 피해를 조기에 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구를 통해서 수집한 5가지 환경인자 값 중 말벌의 침입을 반영할 가능성이 가장 높다고 추정한 소음 값은 센서의 감도가 낮고, 디바이스의 위치 상 대형말벌을 제외하고는 벌집 내부로 직접적으로 침입하는 경우가 드물기 때문에 외부에서 발생하는 소음을 반영하지 못하였다. 향후 소음센서 감도를 개선한다면 말벌과 꿀벌의 날개 크기의 차이 등으로 나타나는 각각의 고유한 음향과 말벌의 출몰 시 토종벌에서 나타나는 특징적인 집단행동으로 인하여 사육상

외부에서 발생하는 소음이 반영되어 침입 경보 기능의 발현이 가능할 것으로 보이며 본 연구를 통해 특허출원에 성공한 자동 소문 개폐장치의 제어 임계값으로의 활용 또한 기대된다.

꿀벌부채명나방은 그 피해가 심화되면 도거를 유발하고, 봉산물의 훼손이 발생하며, 봉군이 소멸되기도 한다. 또한 최근 창궐하여 토종벌 봉군에 막대한 피해를 준 낭충봉아부패병을 매개할 수 있다는 보고가 있기 때문에 동양종에서 대형말벌과 함께 가장 큰 비중을 두어야 할 해충으로 사료된다. 그러나 대부분의 봉군에 존재하며 군세가 약화된 이후에야 틈새에서 빠져나와 본격적으로 벌집을 가해하는 특성상 꿀벌부채명나방의 발생에 의한 직접적인 환경인자 값의 변화는 찾기 어려웠다. 그러나 봉세의 약화된 이후에 본격적인 피해가 나타나기 때문에 봉세의 약화를 조기에 감지할 수 있다면 큰 피해가 있기 전, 조기에 포살하여 피해방지가 가능할 것으로 사료된다.

표 11 토종꿀벌에 대한 해충(외부 기생충, 포식성 천적)에 대한 피해도와 피해빈도

해 충	피해도	피해 빈도	비 고
꿀벌응애	낮음(청소능력 보유)	발생 빈도 낮음	수벌 감염 바이러스 매개
중국가시응애	없음(관찰 되지 않음)	발생 빈도 낮음	기생 여부 파악 필요
꿀벌부채명나방	심각(도거 유발)	발생 빈도 높음	바이러스 매개
대형 말벌	심각(봉군 소멸)	-	봉군의 급격한 소멸
중소형 말벌	낮음(방어 행동)	-	등검은말벌 피해 연구 필요

제 5절 토봉 병원성 질병 검사를 위한 진단 시스템 구축

Sacbrood virus는 1913년에 처음 보고되었으며, 꿀벌 유충에 질병을 야기하는 심각한 바이러스 중 하나로 1964년에 그 특징이 규명되었다(Bailey, 1964). Sacbrood virus (SBV)는 분류학적으로 *iflavirus* 속에 속하며 positive strand RNA를 가진 *picornavirus*이다(Ghosh et al., 1999). SBV는 꿀벌 유충에서 발병되며, 감염된 유충의 증상은 주머니(Sac)를 형성하며, 노란색에서 검은 갈색으로 점차 부패 되면서 번데기로 변태 되지 못하고 죽게 된다(Bailey et al., 1975). 일반적으로 서양종 꿀벌(*Apis mellifera*)에서 검출되면 발견 지역에 관계없이 SBV라 통칭하나, 토종꿀벌(*Apis cerana*)에서 검출된 SBV는 지역에 따라 염기서열 차이를 보이기 때문에 검출된 지역에 따른 명명을 사용하여, 중국에서 보고된 것은 Chinese Sacbrood Virus (CSBV)라 불리며(Ma et al., 2011), 한국산 *Apis cerana*에서 검출된 SBV는 Korean Sacbrood Virus (kSBV)로 명명되었다(Han et al., 2011).

현재 sacbrood virus에 대한 치료법으로 입증된 것을 찾기는 매우 지난하기에, 꿀벌에서 SBV의 빠른 검출 및 진단을 통하여 감염을 인지하고, 우선 이 감염체로부터 격리시키는 것이 유력한 대처방법이라 할 것으로 판단된다.

1. 토봉 병원성 바이러스의 정량적 검출을 위한 정량 실시간 재조합효소-중합효소 증폭법의 개발

토봉에서 한국산낭충봉아 부패병 바이러스의 특이 유전자를 빠르게 검출할 수 있는 실시간 재조합효소-중합효소 증폭법을 새로이 개발하고자 하였으며, 아울러 모든 특이 유전자의 양을 정량적으로 검출할 수 있는 새로운 정량 실시간 재조합효소-중합효소 증폭법을 확립하여 보편화 시키고자 하였다.

가. kSBV 신속 검출을 위한 kSBV 특이 실시간 재조합효소-중합효소 증폭법 (specific-kSBV real-time RPA)의 개발

kSBV의 감염이 확인된 실제 시료로부터, total RNA를 추출하였고, 그 중 1 µg을 사용하여 cDNA로 제작하였다. 제작된 cDNA를 주형으로 kSBV-specific real-time RPA 방법을 사용하여 target gene을 검출하였다.

반응 시간은 총 20 분이 소요되었고, cDNA로부터 검출에 소요된 시간은 2 분 46 초 (Tt값 8.62)에서 kSBV 유전자의 증폭 및 검출이 확인되었다. Positive control로 사용된 kSBV-specific DNA에서는 53 초 (Tt값 4.66)만에 kSBV 특이 DNA 증폭이 측정되었다.

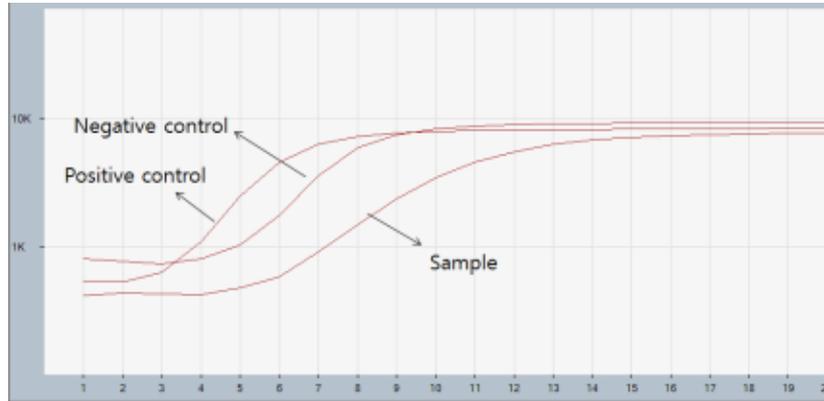


그림 56 kSBV 감염 유충으로부터 합성된 cDNA로부터 kSBV-specific real-time RPA법을 사용한 한국산낭충봉아부패병 바이러스 진단.

나. kSBV 특이 실시간 재조합효소-중합효소 증폭법의 민감도 측정

주형 DNA의 연속희석을 통하여 kSBV-specific real-time RPA의 민감도를 측정하였다. Real-time RPA의 초기주형이 7.55×10^3 분자 이상일 때 형광 값의 증가에 의하여 증폭되는 것으로 측정되었으나, 증류수를 사용한 negative control에서도 증폭이 확인되고, 오히려 7.55×10^3 분자의 결과보다 더 빠른 증가양상을 보여주었다.

용점분석(Melting temperature analysis)에서 증폭된 DNA 산물의 분석결과, 초기주형 7.55×10^4 분자 이상을 사용한 증폭산물들은 동일한 84.5°C 의 T_m (Temperature of midpoint)를 나타낸 것에 반하여, 초기주형 7.55×10^3 분자를 사용한 증폭산물은 T_m 값이 2.0°C 이상의 차이를 보이며, 또한 그래프의 형태도 전형적 비특이적 증폭산물임을 보여주었다.

kSBV real-time RPA는 초기주형 7.55×10^6 - 7.55×10^4 분자범위에서 정량이 가능함을 보여주었고, 이 범위에서 회귀상수(Regression coefficient, R^2) 값은 0.9997로 높은 정량성을 보여주었다.

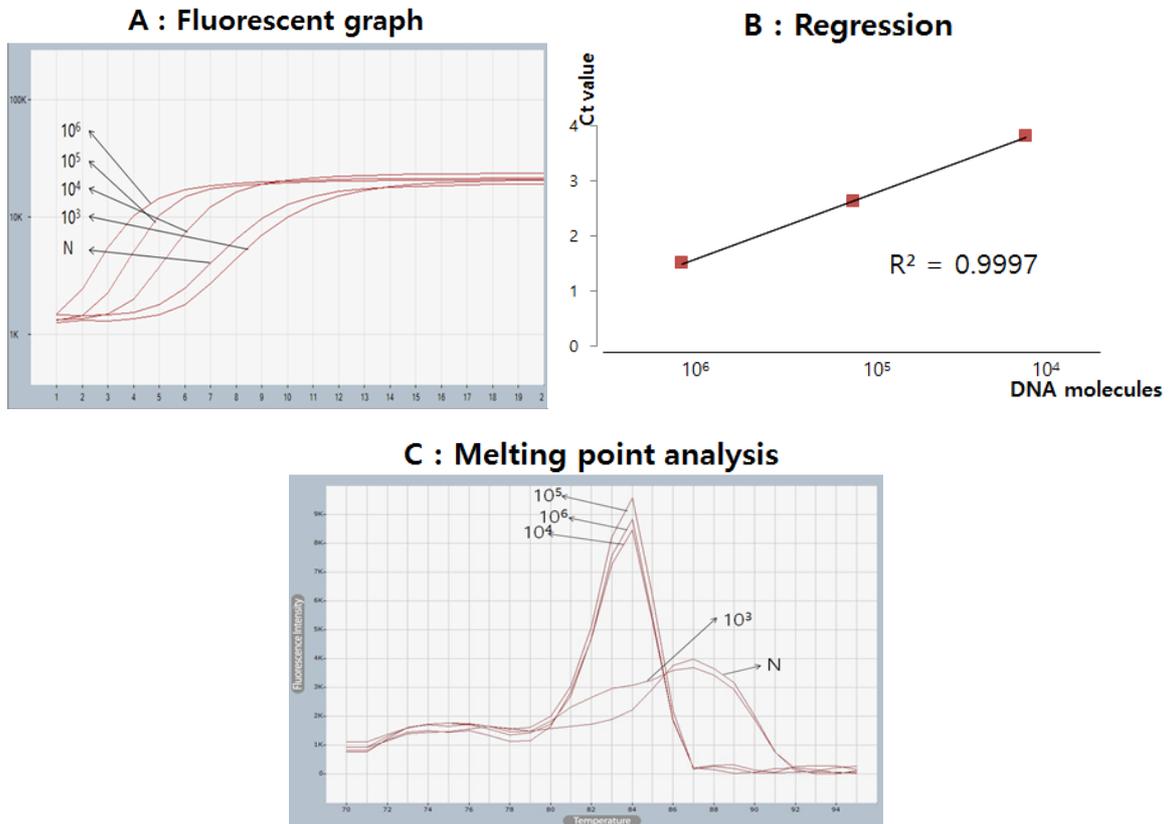


그림 57 한국산낭충붕아부패병 바이러스 특이 실시간 재조합효소 중합효소 증폭의 진단 한계.

다. 이외 바이러스에서의 실시간 재조합효소 중합효소 활용 가능성 확인

다른 주형을 사용한 정량성의 검사에서, 주형 DNA인 pGEM-BQCV-VP3 DNA를 2.32×10^8 분자에서 2.32×10^4 분자까지 연속 희석하여 real-time RPA를 진행한 결과, 정량이 가능함을 확인 할 수 있었다. 증폭산물을 용점분석으로 측정된 T_m 값은 모두 87.5°C 로 일치하였으며, $2.32 \times 10^8 - 2.32 \times 10^4$ 분자범위에서 회귀상수 R^2 값은 0.9861로 역시 높은 정량성을 보여 주었다.

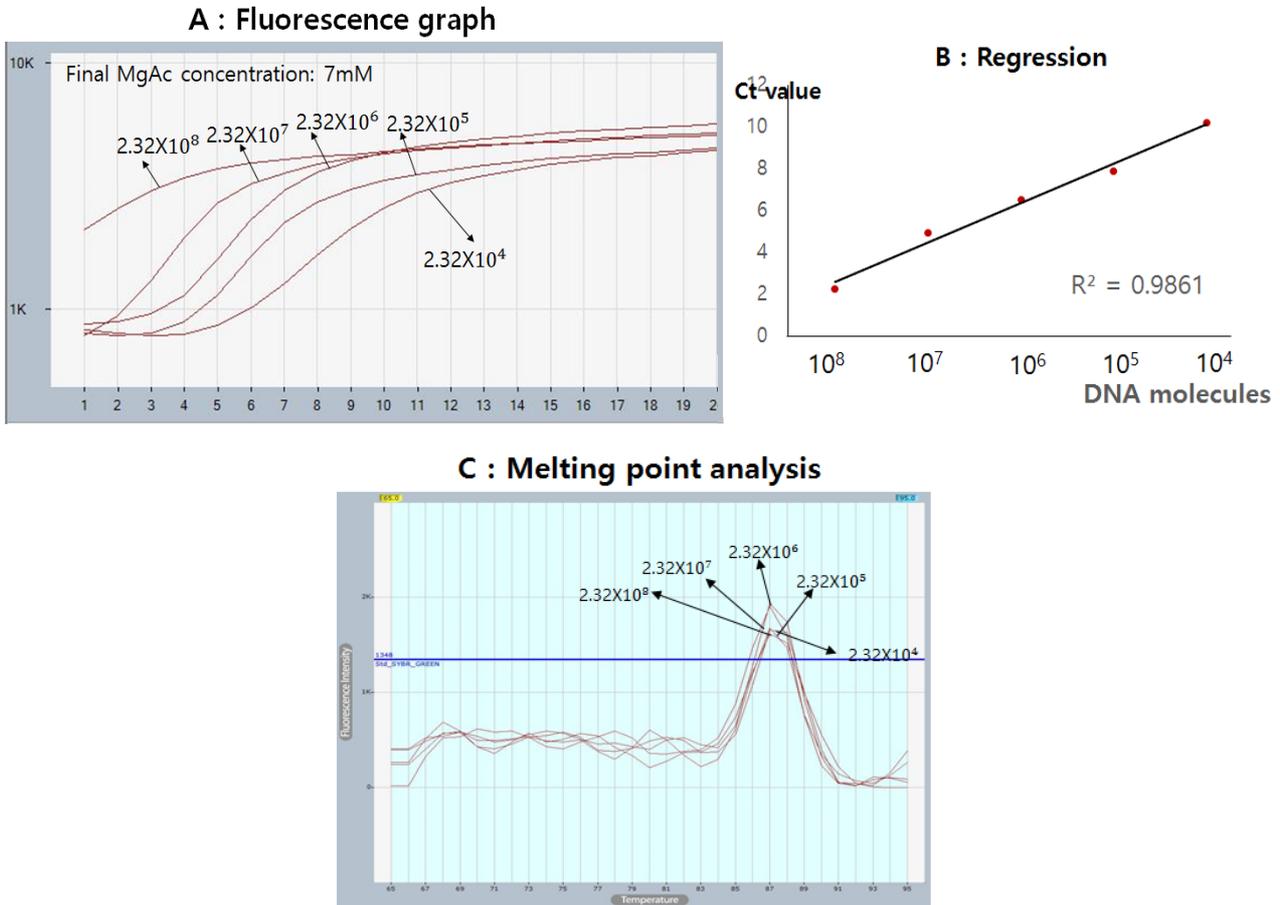


그림 58 여왕별흑색병바이러스 특이 실시간 재조합효소 중합효소 증폭의 진단 한계

한편, BQCV-RPA 반응 후 용액에 있는 RPA 증폭 산물이 특이 DNA인지를 확인하기 위하여, pGEM-BQCV-VP3를 사용한 실시간 PCR을 시행하였다. 먼저, 초기기질의 Ct (Threshold cycles) 값 대비 정량 측정을 위하여, $2.32 \times 10^7 - 2.32 \times 10^0$ 의 pGEM-BQCV-VP3 분자를 주형으로 실시간 PCR을 수행하였으며, 얻어진 Ct값들을 이미 알고 있는 초기 기질양에 대비하여, 회귀식 $y = -0.3019 + 11.2239x$ 를 산출하였으며, 이의 회귀상수 값은 0.997로 계산되었다. 또한, BQCV-specific real-time RPA solution (최종 농도 7 mM magnesium acetate 사용)을 $1/10^4$ 에서 $1/10^6$ 으로 희석하여, 이들을 각기 주형으로 real-time PCR을 진행하였으며, 각 RPA 희석액을 주형으로 한 RT-PCR의 Ct값들은 앞에 제시한 회귀식에 대입하여 계산한 결과, 각 RPA 최종 반응 산물 내에는 1.36×10^{12} , 1.94×10^{12} , 3.52×10^{12} , 1.99×10^{12} , 1.92×10^{12} 분자의 BQCV-specific DNA가 존재하는 것으로 측정되었다. 이는 BQCV-specific real-time RPA가 주어진 특이 DNA를 생산하였음을 보여주고, RPA에서 초기 주형량과는 무관하게 10^{12} 수준의 specific DNA로 증폭시킬 수 있음을 보여주었다. 또한 RPA의 최종 형광값이 특이 DNA의 양을 어느 수준 반영할 수 있음도 보여주었다.

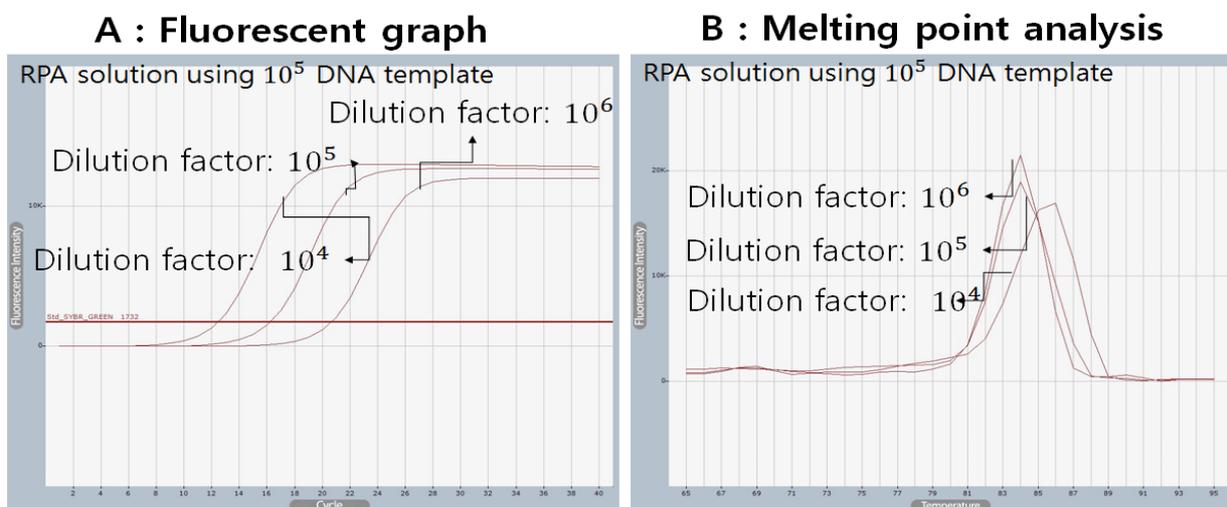


그림 59 여왕별흑색병바이러스 실시간 재조합효소 중합효소 증폭 산물을 사용한 정량 실시간 PCR

라. Primer 농도 감소에 따른 RPA법에서 정량성의 변화

RPA의 빠른 반응 속도는 오히려 초기주형의 양을 정확히 정량하는데 어려움을 주게 된다. 따라서, 반응 속도를 적절히 제어하고자 RPA에서 사용하는 primer 농도를 감소시켜 real-time RPA 반응을 진행하였다.

Primer 쌍의 농도는 최종농도 0.96 μM , 0.48 μM , 0.36 μM , 0.24 μM , 0.12 μM 으로 각각 다르게 사용하였으며, 이로써 반응 속도가 점차 느려짐을 발견하였고, 이 조건에서 초기주형량을 각기 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 분자로 조정하여 Real-time RPA를 수행하고, 각 형광 값의 변화들을 측정하였다. 얻어진 각 형광그래프에서 초기 주형 량 대비 정량성을 알아보기 위하여 각기 회귀상수 R^2 값을 측정하여 비교 분석하였다.

결과로써, primer의 최종농도 0.48 - 0.12 μM 의 범위에서는 회귀상수 R^2 값이 0.96 이상임을 보여주었으며, 그 중 최종농도 0.36 μM 의 primer는 RPA에서 회귀상수 R^2 값이 1.000 으로 나타나 가장 높은 정량성을 보였다. 따라서 정량 real-time RPA법에서는 반응 속도 면에서 불리하더라도, 높은 정량성을 추구하기 위해서는 primer의 농도를 과량이 아닌 0.36 μM 로 조정하는 것이 최적의 조건으로 판단된다.

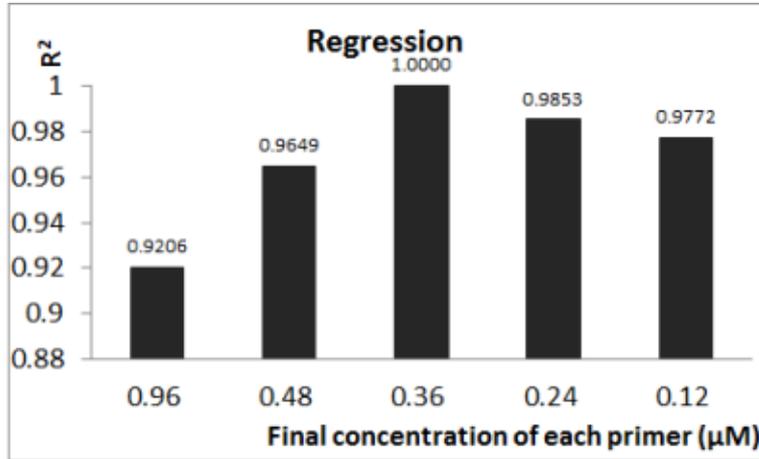


그림 60 primer 사용 농도에 따른 한국산낭충봉아부패병 바이러스 특이 실시간 재조합효소 증합효소의 회귀상수 값

마. Magnesium acetate 농도 변화에 따른 RPA법에서 정량성의 변화

Magnesium acetate (MgOAc)는 real-time RPA 반응을 시작하게 하는 필수적 요인으로, 반응 속도가 매우 빠른 RPA법을 보다 우수한 정량 방법으로 응용하기 위하여 사용되는 MgOAc의 농도를 낮추어 RPA 반응 속도를 제어하고자 하였다. 각 MgOAc 농도에 따라, 초기주형량을 각기 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 분자를 사용하여 Real-time RPA를 수행하였으며, RPA 정량의 결과는 회귀상수 R^2 값으로 측정하여 비교하였다.

MgOAc의 양을 줄여서 RPA정량을 수행하는 것은 10.0 mM - 7.0 mM의 범위에서 유효하며, 7.0 mM의 농도에서 회귀상수 R^2 값은 0.9984로 가장 높은 정량성을 보여주었다.

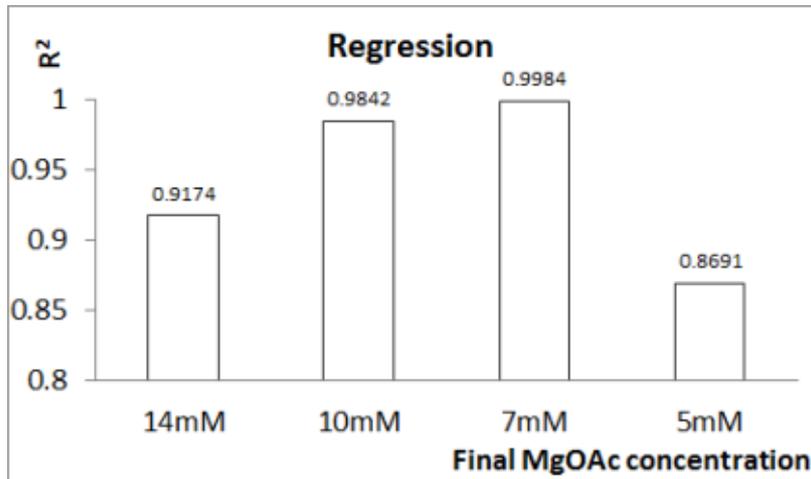


그림 61 Magnesium acetate 농도에 따른 한국산낭충봉아부패병 바이러스 특이 실시간 재조합효소 증합효소의 회귀상수 값

바. 정량 RPA법의 정립을 위한 Threshold time line (Tt line)의 설정

Real-time RPA의 정량을 보다 정확하게 하기 위하여 threshold line의 위치를 정립하고자 하였다. Threshold time line은 real-time RPA에서 형광값의 증가를 나타내는 각 sigmoid형 그래프의 threshold time을 구하고자 하는 것으로, 특정 형광값을 기준으로 가로선을 그은 것을 말한다. 이 특정 형광값을 보편화하기 위하여, 먼저, RPA 반응에서 처음 측정되는 initial template (I)의 형광값을 측정하고, 더 이상 형광값이 증가하지 않는 end product (E)의 형광값을 측정한 후, 측정된 양자의 형광값 차이(ΔF)을 구하였다. I와 E의 중간값인 $0.5 \times \Delta F$ 은 절대값으로 $I + 0.5 \times \Delta F$ 의 형광값이 될 것이나, 편의상 $0.1 \times \Delta F$, $0.2 \times \Delta F$, $0.3 \times \Delta F$, $0.4 \times \Delta F$, $0.5 \times \Delta F$ 등의 형광값을 기준으로 threshold time line을 설정하고, 초기주형량 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 분자를 사용한 RPA형광그래프에 적용하여 어느 threshold time line에서 회귀상수 R^2 값이 가장 우수한지를 비교하였다.

결과로써, $0.1 \times \Delta F$ 부터 $0.7 \times \Delta F$ 의 형광값을 사용한 회귀상수 R^2 은 0.9700 이상의 값을 보였으며, 중간 ΔF 값인 $0.5 \times \Delta F$ 를 선택하는 것이 무난할 것으로 판단되었다.

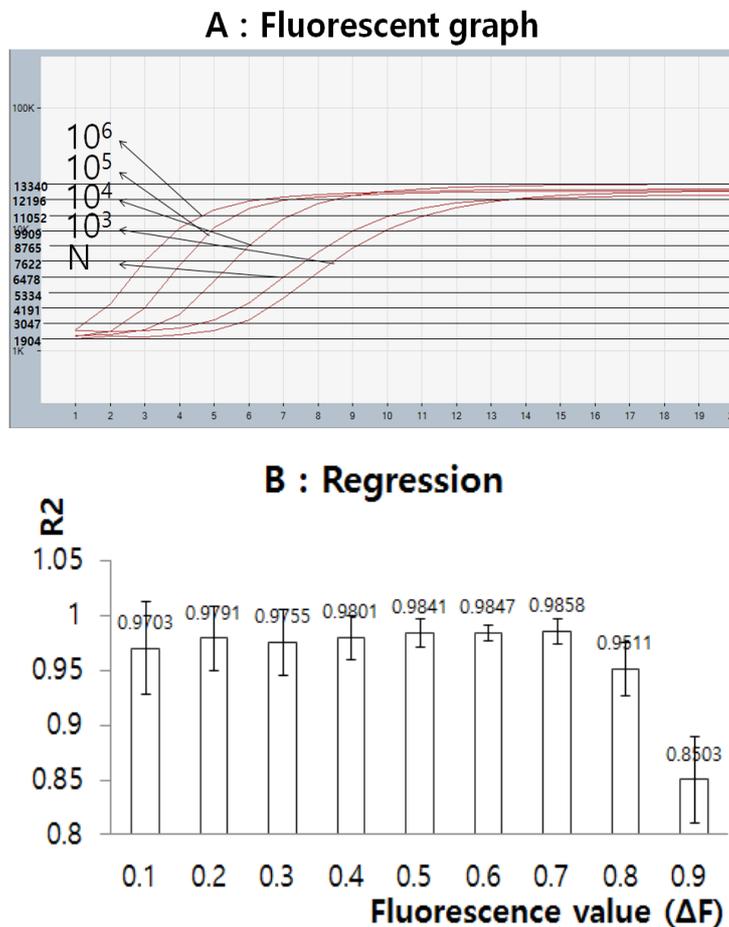


그림 62 Time threshold line (Tt)값의 설정과 그에 따른 회귀상수 값의 변화

사. Real-time RPA의 표준 정량법

real-time RPA에서 주형 DNA를 정확히 정량하기 위하여 RPA의 반응 속도를 적당한 수준으로 제어하는 것은 필요하다. 이에 본 연구는, 정확한 정량을 위하여 real-time RPA에 중요 요소인 primer의 농도 또는 MgOAC의 농도를 감소시켜 RPA 반응 속도를 제어하였다. 즉, 정확한 정량을 위한 real-time RPA를 위하여, 최종농도 0.12 - 0.36 μM primer사용이 유리하며, 과량인 최종농도 14 mM MgOAC 보다 최종농도 7.0 mM MgOAC 하에서 반응을 시작하여 정량치를 측정하는 것이 보다 유리하다는 것이다.

또한, 형광그래프로부터 threshold time line을 사용하여 정량치를 측정하되, 그 기준이 되는 형광값의 위치는, 최종형광값(end product; E)과 초기형광값(initial template; D)의 차이인 형광값의 변화량(ΔF)의 1/2의 형광값, 즉 $1/2x \Delta F$ 이며, 이 기준이 가장 실시간 RPA정량에 유리한 것으로 나타났다.

아. 꿀벌 애벌레 감염 증상에 따른 kSBV 검출확인

토봉(*Apis cerana*)의 봉군에서, 외형상 건강한 유충, kSBV 감염 의심 유충, kSBV 감염 확실 유충을 각각 채집하여 이를 각각 S1, S2, S3로 구별하였다.

각 시료로부터 total RNA를 추출하여 각기 약 150 μg 을 확보하였고, 그 중 1 μg 을 사용하여 cDNA 20 μl 로 제작하였다. 제작된 cDNA 1 μl 를 각기 주형으로 사용하여, kSBV-specific real-time PCR법과 kSBV-specific real-time RPA법을 각각 적용하였고, 그 정량성을 비교하였다.

Real-time PCR방법으로 kSBV-specific DNA 수를 측정한 결과, S1 은 2.54×10^5 , S2 는 2.56×10^5 , S3 는 7.71×10^7 분자수가 측정되었다.

이는 우선 육안 판정에 의한 kSBV 감염시료가 건강해 보이는 유충시료보다 약 300배 이상 많은 kSBV를 가지고 있다는 것이며, 또한 동일 봉군 내 건강 유충도 kSBV를 다량 보유하고 있다는 사실을 알 수 있다.

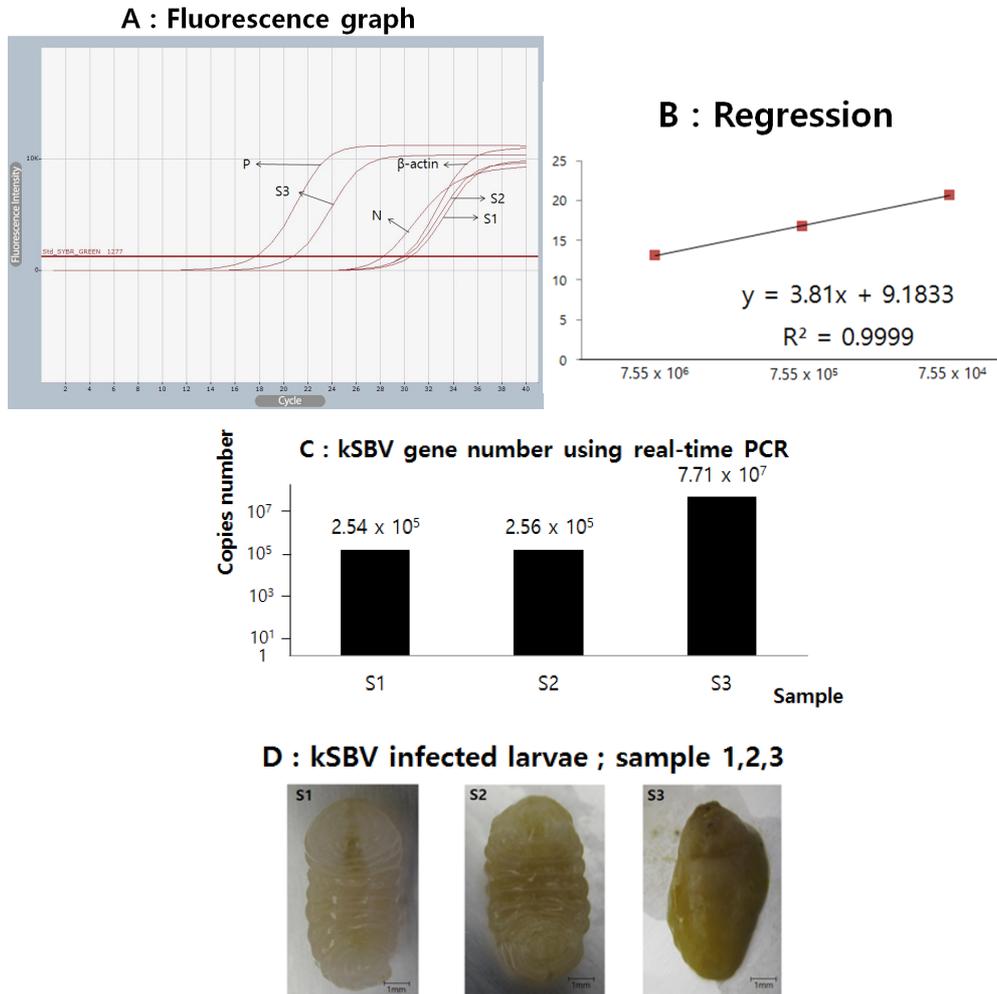


그림 63 실시간 정량 PCR을 사용한 한국산낭충봉아부패병 바이러스의 정량 진단

Real-time RPA법으로 kSBV-specific DNA수를 측정된 결과, 토봉 유충에 따라서 S1 은 1.86×10^6 , S2 는 1.88×10^6 , S3 는 9.06×10^8 수가 측정되었다.

실시간 PCR 및 실시간 RPA에서 정량의 기준으로 사용된 초기 주형량은 각기 7.55×10^4 , 7.55×10^5 , 7.55×10^6 으로 동일한 분자수를 사용하였으며, 전자의 회귀상수 R^2 의 값은 0.9999, 후자의 회귀상수 R^2 의 값은 0.9928으로 거의 대등함을 보여주었다.

그러나, 양자간 산출된 kSBV 특이 분자들의 수는 건강해 보이는 유충시료 S1에서, RPA결과는 PCR결과에 비하여 7.3배 높은 측정치를 보여주었으며, kSBV 감염 확실 유충시료 S3에서도, RPA결과는 PCR결과에 비하여 11.8배의 높은 측정치를 보여주었다. 이런 양자간의 차이는 형광값 측정의 차이에서 기인하는 것으로 해석하며, 보다 비특이적 증폭이 많이 발생하는 RPA에서 보다 높은 형광값이 측정된 것이 아닌가 추측한다.

같은 시료로부터 Real-time PCR법과 real-time RPA법을 각기 사용하여, 동일 target DNA의 정량결과는 real-time RPA를 사용하는 것이 보다 빠른 시간에 정량결과를 볼 수 있으나, 민감도와 정량적 검출에서 약간의 손실이 있음을 보여주며, 절대 정량치에서 RPA에 의한 분자수 측정은 비특이적인 산물의 증산으로 인하여 형광 값의 비정량적 증가가 있지 않았을까 추측한

다.

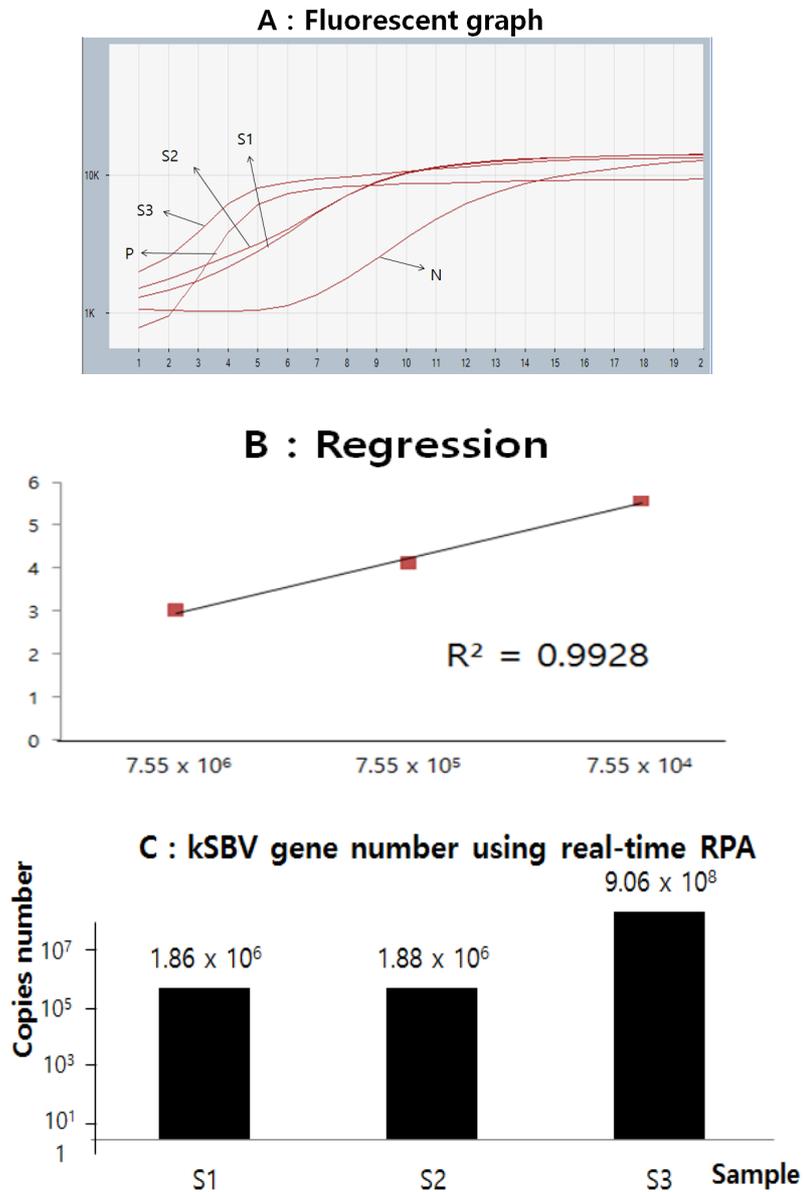


그림 64 한국산낭충봉아부패병 감염 유충 시료에서의 한국산낭충봉아부패병 바이러스 특이 실시간 재조합효소 중합효소 증폭

2. 초고속 역전사 실시간 중합효소 연쇄반응을 이용한 한국산 낭충봉아부패병 바이러스의 가장 빠른 검출법 개발

꿀벌에서 병원체를 검출해 내는 방법 중 현재 병원체의 유전자 검사법이 주를 이루고 있다. PCR 검사법은 가장 민감하고 특이성을 가진 방법으로 알려져 있으며, 실시간 PCR법 (Real-time PCR; RT-PCR)은 정량적, 정성적 분석이 가능하여 보다 널리 사용되고 있다.

최근 극소량의 반응액을 사용하는, 이른바 chip에 기초한 PCR방법은 종전 일반 PCR 기기 (thermal cycler)를 사용하던 방법들과 비교하여 많은 장점을 입증하고 있으며, 예로써 GenSpector TMC-1000 (Samsung, Korea)은 chip-based real-time PCR thermal cycler로써 종전

의 thermal cycler가 이루지 못한 유효한 thermal cycling을 가능하게 하였다. 이 thermal cycler가 사용하는 glass-silicone based micro-chip은 소량인 6 μ l의 PCR 반응액을 사용하며, 열전도를 증가시킨 물질들의 적용과 배열로써, PCR 반응액에 유효한 균일 온도를 빠르게 전달해 줄 수 있다(Cho et al., 2006). 위 방법을 사용하면 시료로부터 전체 RNA 추출 시간과 reverse transcription 시간과 PCR의 시간도 최소화가 가능하기 때문에 초고속 역전사 실시간 PCR방법 (URRTRT-PCR; Ultra-Rapid Reverse-Transcription Real-Time PCR)을 개발하고자 하였다.

가. 시료 채취 (Honeybee larvae)

본 연구에 사용된 병성 시료는 대한민국 옥천에서 수집된 kSBV에 감염된 토종꿀벌(*Apis cerana*)의 유충(larvae)들이며, 실험기간 내 분주하여 냉동한 후 사용되었다. 이 시료에서 kSBV의 특이 염기서열이 발견되었으며, 표준 kSBV의 염기서열은 Genbank accession Number. HQ322114을 사용하였다.

나. Total RNA isolation

감염이 의심되는 토종꿀벌 유충 시료를 1.5ml 원심분리관에 각 2마리씩을 넣고 homogenizer로 larvae 조직을 분쇄하였다. 여기에 iNtRON사의 R&A-Blue™ 키트를 사용하여 제작자의 지침에 따라, total RNA를 분리하였으며, 최종과정은, 진탕액을 13,000 rpm, 10분, 4°C 원심분리로 상하층을 분리하고, 그 상층액을 취하여 total RNA로 사용하였다. 분리된 RNA용액은 spectrophotometer로 정량하였으며, 분주 후, -70°C에 보관하며 사용하였다.

다. cDNA 합성 (Reverse Transcription)

cDNA 합성은 total RNA를 1 μ g을 사용하였고, oligo dT대신 Specific reverse primer를 사용하였다. dNTP, 100mM DTT, Reaction buffer, MML-V reverse transcriptase (Bionner Inc, Korea)를 사용하였으며, 반응액을 42°C에 정치시켜 cDNA를 합성하게 하였다. cDNA 제작 시간은 각각 0 min, 1 min, 5 min, 15 min, 30 min으로 다르게 하였다.

라. Plasmid construction

Template DNA를 확보하기 위해 kSBV genome (Genbank Accession Number, HQ322114)를 표준으로 각 primer set들의 DNA fragment를 얻기 위하여 각각 PCR로 증폭 하였다. 증폭하여 확보한 DNA는 pBX 또는 pGEM-3zf T-Cloning vector를 사용하여 recombinant plasmid로 확보하였다. 대장균 숙주는 DH5 α F'을 사용하였으며, recombinant plasmid는 각 PCR의 template DNA로 사용하였다(그림 65, 표 12).

마. Primer 제작

kSBV (Genbank Accession Number. HQ322114)의 genome structure 내부 open reading frame

(ORF) 중 capsid protein, peptidase-c3g, RNA-dependent RNA- polymerase를 암호화 하는 위치에 각각 특이 primer쌍을 설계, 제작하였다. 또한 URRT-PCR을 위해 capsid protein 내부에 위치한 특이 Primer쌍을 제작하였다(그림 65, 표 12).



그림 65 korean Sacbrood Virus 유전자에서 특이 primer 위치 (Genbank Accession Number HQ322114).

표 12 한국산 낭충봉아부패병 특이 실시간 중합효소연쇄반응을 위한 Oligo-nucleotide primer 세트

Primer	Sequence (5'→3')	Length (mer)	T _m (°C)	Product size (bp)
kSBV-c3F(+)	GAT AGA TCT CCA GCG CGT GTT GAG TTT GTT	30	60	823
kSBV-C3R(+)	GTA GTC GAC TAC TGG GTC CTT CCC AAT CTT	30	57	
kSBV-vp1-F	GCT GGA TCC TGG ATG CCT ATA AAT TCA ATT	30	49	528
kSBV-vp1-R	GCT GTC GAC AAC TTT GTA CGA CAT TCC CGC	30	57	
kSBV-URRT-F	CTT ACG CTA AGT GCG CGC	18	59	257
kSBV-URRT-R	AGC ACG ATG ATA TCT AAA GGG	21	54	
kSBV-RdRp-eF	CAC GGA TTC AAG CGA AAA TCC GAG TTG	27	51	894
kSBV-RdRp-eR	CCG GTC GAC TAT CCA TTG AGT GGT ATC AT	29	49	
kSBV-vp2-F	GAT GGA TCC ACG TTT AAT TGG GGA TCA GGC	30	57	582
kSBV-vp2-R	GAT GTC GAC AGT TGA CTG TTT TAA ACC ATG	30	50	

바. 초고속 실시간 PCR을 위한 kSBV-primer 쌍의 선별

설계된 kSBV-특이 primer쌍 들은, 각기 비교 PCR을 시행하여 그 기능을 평가하였다. 각 PCR은 해당 primer쌍에 대한 recombinant plasmid를 2.49×10^5 molecules 사용하였으며, 각 5 pmole primer, 2x SsoFast™ EvaGreen® Supermix (BIORAD)로 합 20 μ l의 반응액을 조성하였으며, 각기 real-time PCR을 시행하였다. Real-time PCR 조건은 pre-denaturation 94 °C, 10 sec를 시행한 후, denaturation 94 °C, 5 sec, annealing/extension 60 °C, 5 sec의 조건으로 50 cycle 진행하였으며, PCR product의 melting temperature analysis는 70 °C에서 90 °C까지 수행하였다.

사. Temperature gradient RT-PCR

각 primer set의 최적 annealing 온도 조건은 gradient RT-PCR을 수행하여 그 결과로 결정하였다. RT-PCR은 2x SsoFast™ EvaGreen® Supermix (BIORAD)를 사용하였고, forward, reverse primer 각 5 pmole, target DNA를 각 2.49×10^5 molecules가 사용되었으며 총 20 μ l volume으로 수행하였다. Gradient real-time PCR은 Exicycler™ Quantitative Thermal Block (Bioneer)로 수행하였고, PCR 조건은 pre-denaturation 94 °C 10 sec 이후, denaturation 94 °C 5 sec, annealing/extension 42 ~ 70.67 °C 5 sec의 조건으로 40 cycle 진행하였고, PCR product의 Melting temperature analysis는 70 °C에서 90 °C까지 수행하였다.

아. RT-PCR을 사용한 sensitivity Test

kSBV-VP2 primer set의 sensitivity test를 위하여, 우선 pGEM-kSBV-vp2 plasmid를 serial dilution하여 $2.49 \times 10^{7-1}$ molecules의 각기 다른 양을 template를 사용하였다. Real-Time PCR에는 각 5 pmole kSBV-vp2 primer, 2x SsoFast™ EvaGreen® Supermix (BIORAD)을 사용하였다. Real-time PCR 조건은 Pre-denaturation 94 °C, 10 sec 이후, denaturation 94 °C, 5 sec, annealing/extension 60 °C, 5 sec의 조건으로 50 cycle 진행하였고, PCR product의 melting temperature analysis는 70 °C에서 90 °C까지 수행하였다.

자. 꿀벌 genomic DNA의 오염 하에 specific RT-PCR의 sensitivity Test

Contamination test는 kSBV-vp2 primer의 민감도 test에 증류수 대신 honeybee genomic DNA 1 μ g을 사용하였고 나머지 조성과 조건은 동일하게 하였다.

차. RT-PCR을 위한 각 step 시간의 최소화

RT-PCR의 온도조건 중 denaturation 94 °C는 5 sec, 3 sec, 2 sec로 축소하였으며, 이와 연동하여 annealing/extension 60 °C도 각 5 sec, 4 sec, 3 sec로 시간을 축소시켜 RT-PCR을 수행하였다. PCR product의 melting temperature analysis는 76 °C에서 86 °C까지 수행하였다.

카. DNA polymerase (master mix) 변경에 따른 URRT-PCR 속도 변화

URRT-PCR 반응을 더 빠르게 진행 하고자 DNA-polymerase의 기원과 기능이 상이한 2가지 PCR premix를 사용하였다. 사용된 premix는 2X SsoFast™ EvaGreen® Supermix (BIORAD)와 2X fast RT-PCR premix mix이며, 이들을 초고속 PCR에 적용시켜 상호 성능을 비교하였다. 2X SsoFast™ EvaGreen® Supermix (BIORAD)는 denaturation 95 °C, 5 sec, annealing/extension 60 °C 5 sec으로 2-step URRT-PCR 40 cycle을 수행 하였고, 2X fast RT-PCR premix mix는 denaturation 95 °C 5 sec, annealing 60 °C 5 sec, extension 72 °C, 5 sec로 3-step URRT-PCR

40 cycle을 수행 하였다.

타. Ultra-Rapid Real-Time PCR을 사용한 denaturation, annealing 온도의 최적화

kSBV-vp2 primer set의 URRT-PCR을 사용한 온도 조건 최적화는 pre-denaturation은 95 °C, 10 sec로 진행 하였고, 이후 최적 denaturation 온도는 93 °C, 94 °C, 95 °C, 96 °C, 97 °C 2 sec로 다르게 하고 annealing은 60 °C로 고정하여 40 cycle을 수행하였다. 최적 annealing 온도를 알기 위해 58 °C, 59 °C, 60 °C, 61 °C, 62 °C 5 sec로 다르게 하였고, 이때, denaturation 온도는 95 °C로 고정하여 40 cycle을 수행하였다. Melting temperature analysis는 70 °C부터 90 °C (0.5 °C/sec)까지 진행하였다. URRT-PCR은 target DNA로 2.49×10^7 molecules을 사용하였으며, 각 10 pmole kSBV-VP2 primer와 2x fast RT-PCR premix mix를 total volume 6 µl로 조성하여 수행하였다.

파. URRT-PCR을 사용한 Primer 민감도 test

kSBV-vp2 primer set의 sensitivity test를 위하여 pGEM-kSBV-vp2 plasmid를 serial dilution하여 $2.49 \times 10^{7-1}$ molecules의 각기 다른 양의 template를 사용하였다. kSBV-vp2 primer set의 URRT-PCR에 사용한 온도 조건은 pre-denaturation 95 °C, 10 sec으로 진행 하였고, 이후, denaturation 95 °C, 5 sec로 하였으며, annealing 온도는 60 °C, 5 sec로 extension 온도는 72 °C, 5 sec로 하여 40 cycle을 수행하였다. Melting temperature analysis는 70 °C부터 90 °C (0.5 °C/sec)까지 진행하였다.

하. URRT-PCR의 각 step 시간 최소화

URRT-PCR 조건을 pre-denaturation 95 °C 10 sec으로 하였으며, 이후, denaturation 95 °C를 2 sec, 또는 1 sec으로 하였고, annealing 60 °C를 5 sec, 4 sec, 3 sec으로 extension 온도는 72 °C로 하여 PCR을 진행하였다. URRT-PCR은 target DNA 2.49×10^7 molecules을 사용하였으며, 각 10 pmole kSBV-vp2 primer와 2x fast RT-PCR premix mix-를 total volume 6 µl로 조성하여 수행하였다.

3. 결과

가. Real-Time PCR을 사용한 초고속 PCR용 Primer쌍의 선별

kSBV genome을 기반으로 제작된 각각의 특이 primer sets (표 12)들로 각각의 target DNA 10^5 , 10^4 molecules을 각기 RT-PCR로 증폭시켰다. 각 primer sets를 target DNA 10^5 molecules에서 확인한 결과, 각각 primer set kSBV-URRT, kSBV-vp1, kSBV-c3-823, kSBV-vp2, kSBV-RdRp은 12.96, 24.54, 22.80, 20.19, 29.37의 threshold cycles (C_T value)값을 보였다(그림 66, 표 13). 한편, kSBV-vp2 primer set는 RT-PCR의 최종 형광값에서 가장 높은 수치를 보였다.

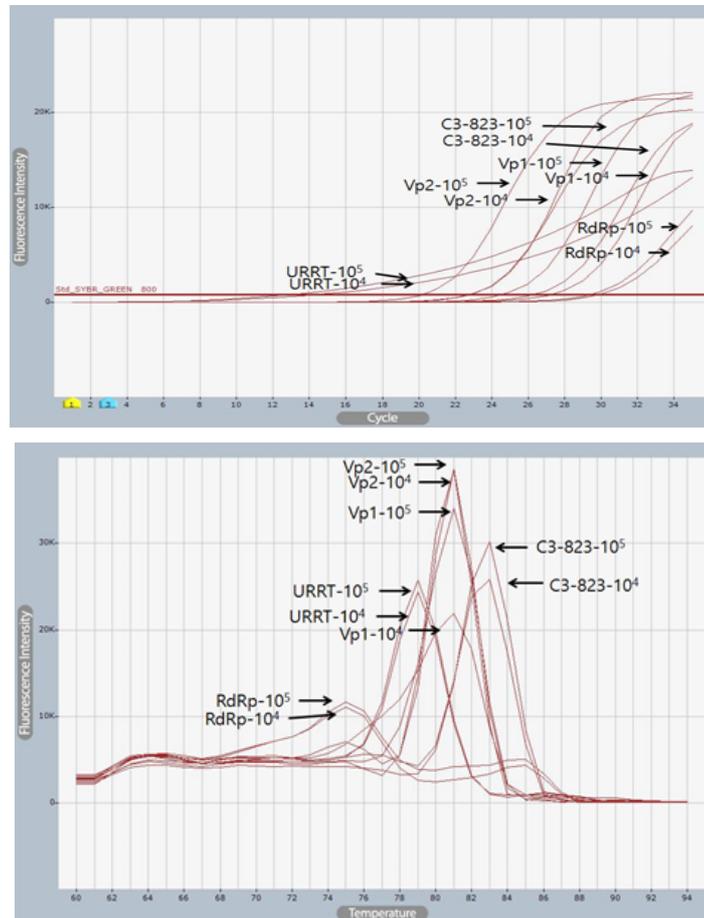


그림 66 실시간 중합효소 연쇄반응과 melting분석을 이용한 최적 primer 세트의 선별. 실시간 PCR을 통해 각 표적 유전자는 각 primer 세트에 의해 증폭되었다. kSBV-vp2 amplicon은 가장 높은 형광값이 검출되었다.

표 13 한국산낭충봉아부패병 target DNA에 대한 각 primer 세트의 Ct값, Tm값, 최종 형광값

Primer Name	kSBV-URRT		kSBV-VP1		kSBV-c3-823		kSBV-vp2		kSBV-RdRp	
Molecules of target DNA	10 ⁵	10 ⁴								
Ct value	12.96	14.39	24.54	27.23	22.80	26.27	20.19	22.77	29.37	29.88
Tm (°C)	79	79	81	80.5	82.5	82.5	80.5	81	75	75
Final fluorescence value	9630	8420	21375	16942	20117	17746	21996	21427	7277	5798

나. RT-PCR을 사용한 primer sensitivity test

kSBV-vp2 plasmid의 serial dilution에 따른 kSBV-vp2 primer set의 sensitivity test 결과 10¹ molecules of target DNA 까지 detection 할 수 있는 것이 확인되었다. 회귀상수(Regression coefficient), R² 값은 0.9983으로 확인되어 높은 정량성을 보이는 것이 확인되었다(그림 67).

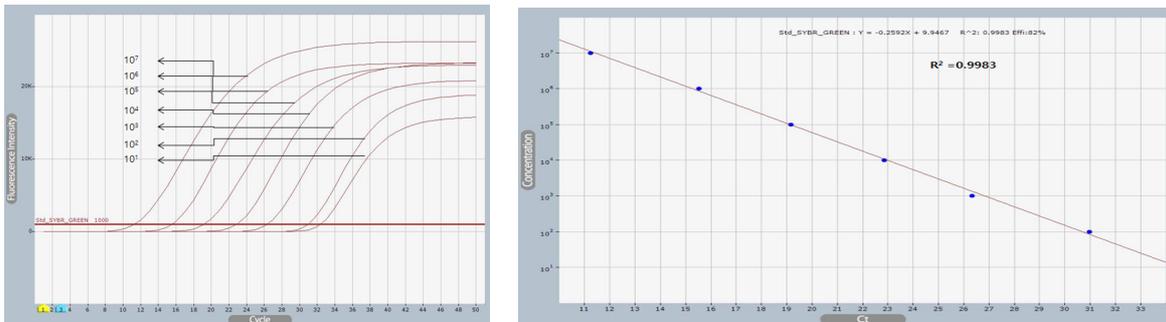


그림 67 실시간 중합효소연쇄반응 및 standard curve를 사용한 한국산 낭충봉아부패병 바이러스 특이 vp-2 primer 세트의 민감도 확인. kSBV-vp2 primer 세트는 10¹ molecules of target DNA 까지 표적 유전자를 detection 할 수 있는 것을 RT-PCR의 fluorescence graph로 확인 하였다. kSBV 특이적 RT-PCR는 높은 정량성을 보이는 것이 확인되었다.

다. RT-PCR 각 step의 시간 축소

kSBV-vp2 plasmid DNA의 target DNA 10⁵ molecules을 사용하여 2-step RT-PCR 조건에서 denaturation과 annealing/extension 시간을 각각 30 sec으로부터 각각 2 sec, 3 sec으로 줄인 결과에서도 PCR 증폭이 Graph로 확인되었다(그림 68).

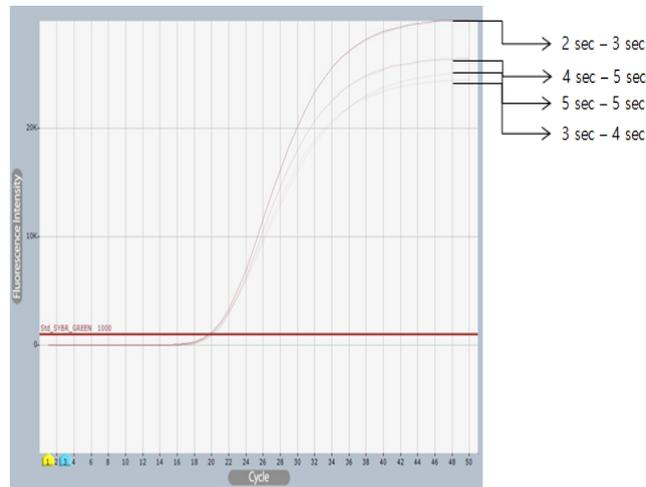


그림 68 중합효소연쇄반응의 각 step (denaturation, annealing, extension) 시간의 단축 및 최소화. kSBV-vp2 primer set를 사용한 real-time PCR에서 denaturation, annealing/extension 시간이 감소하여도 Ct 값은 거의 변하지 않았다. Final fluorescence graph 또한 PCR condition times과 무관 하였다.

라. cDNA synthesis 시간 축소

kSBV에 감염된 꿀벌 larvae로부터 추출한 total RNA를 1 ng 사용하여 cDNA를 제작하였다. MML-V reverse transcriptase (Bioneer)를 사용한 cDNA는 42°C에서 각기 1, 2, 3, 4, 5, 15, 30, 60 분간 반응시켰으며, 이로써 제작된 각각의 cDNA들은 kSBV-vp2 primer를 사용하여 real-time PCR로 그 양(target DNA의 분자수)을 측정하였다. Real-time PCR 결과 29.56, 29.55, 29.43, 28.75, 28.54, 28.38, 27.57, 26.14의 threshold cycles (CT value) 값을 보였다(그림 69, 표 14).

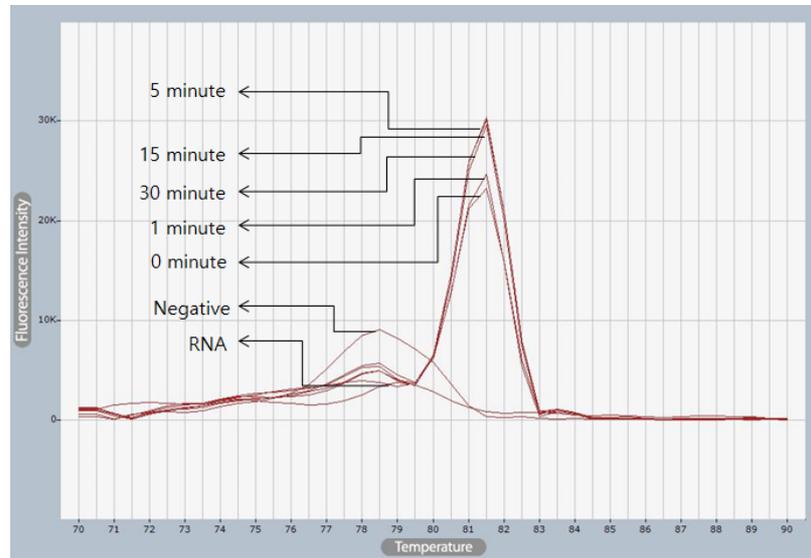
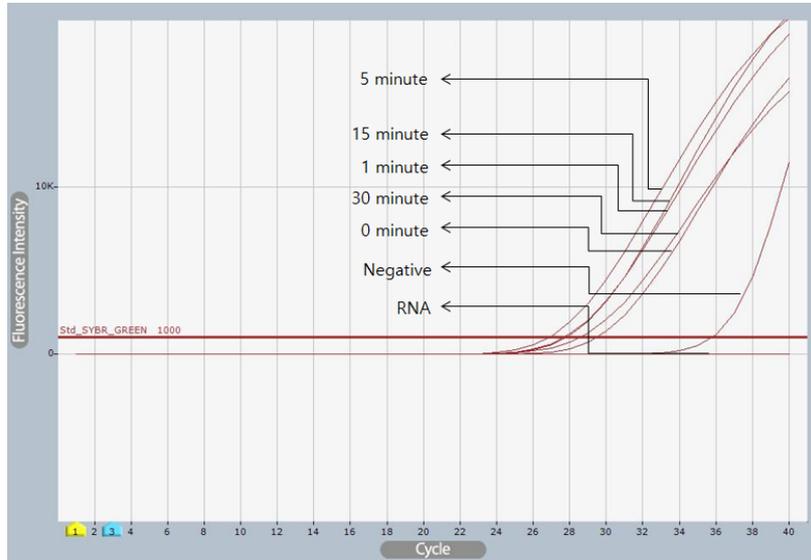


그림 69 시간별로 합성된 kSBV cDNA를 기반으로 한 실시간 중합효소연쇄반응 및 cDNA 합성 시간의 단축. RT-PCR을 통해 동일한 조건 하에 다른 반응시간으로 MMLV 역전사 효소를 이용하여 cDNA products이 합성되었다. fluorescence graph에서 나타나듯이 30분의 반응 시간과 1분의 반응 시간의 Ct 값의 차이는 거의 없었다. 따라서 반응 시간은 cDNA 합성에서 중요한 요소가 아니라는 것이 밝혀졌다. 실제로, 1분 동안 RT-PCR로 표적 유전자를 역전사 반응을 통하여 cDNA로 증폭시킬 수 있었다.

표 14 시간별 합성된 cDNA 기반 실시간 중합효소연쇄반응의 Ct값

cDNA synthesis time(minute)	Negative	RNA	0	1	5	15	30
Ct value	35.76	-	29.43	27.79	26.84	27.65	28.50

마. DNA-polymerase (Master mix)의 변경에 따른 초고속 PCR 시간 변화

URRT-PCR에서 2x SsoFast™ EvaGreen® Supermix와 2X fast RT-PCR premix mix를 각기 사용하고, 동일한 kSBV-vp2 primer set, 동일한 target DNA를 사용하여 그 기능을 비교 분석하였다.

URRT-PCR에서 master mix를 2x fast RT-PCR premix를 사용한 것은 Ct값이 21.55 cycles로, 2x SsoFast™ EvaGreen® Supermix를 사용한 것은 Ct값이 33.99 cycles로 나타났으며, 그 차이는 전자가 후자에 비하여 12.44 cycles나 더 빠른 것으로 나타났다. 또한 40 회전 최종 형광값도 전자가 후자에 비하여 약 2배 더 높은 것으로 확인되었다(그림 70).

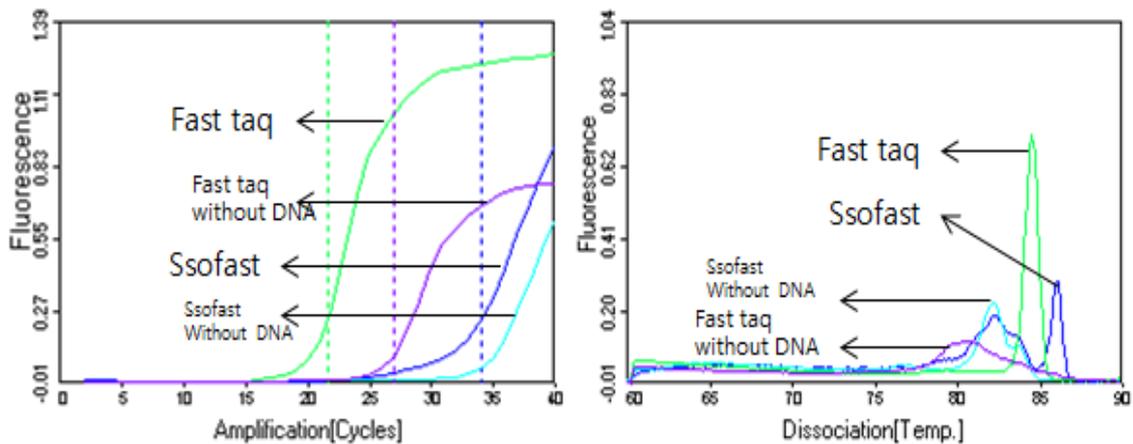


그림 70 초고속 PCR에서 DNA-polymerase (Master mix)의 비교

(A) kSBV-vp2 primer set를 사용한 URRT-PCR fluorescence graph, (B) Melting analysis.

2x fast RT-PCR premix는 kSBV-vp2 primer set를 사용하여 under the 95 °C, pre denaturation 1 min, 94 °C denaturation 5 sec, 60 °C, annealing 5 sec, 72 °C Extension 5 sec 조건 하에서 수행하였다. 2x SsoFast™ EvaGreen® Supermix는 kSBV-vp2 primer set를 사용하여 under the 95 °C pre denaturation 1 min, 94 °C denaturation 5 sec, 60 °C annealing/extension 5 sec 조건 하에서 수행하였다.

URRT-PCR에서 master mix를 2x fast RT-PCR premix를 사용한 것은 Ct값이 21.55 cycles로, 2x SsoFast™ EvaGreen® Supermix를 사용한 것은 Ct값이 33.99 cycles로 나타났으며, 그 차이는 전자가 후자에 비하여 12.44 cycles나 더 빠른 것으로 나타났다.

바. URRT-PCR 중 각 단계(step) 온도의 최적화

최적 조건의 kSBV-specific URRT-PCR은, kSBV-vp2 primer set를 사용할 경우, pre-denaturation은 94 °C, 10 sec로 진행 하고, 이후 denaturation 온도는 94 °C에서 가장 높은 형광 값을 보이는 것으로 나타났으며, annealing 온도는 60 °C에서 가장 높은 형광 값을 보이는 것으로 나타났다(그림 71).

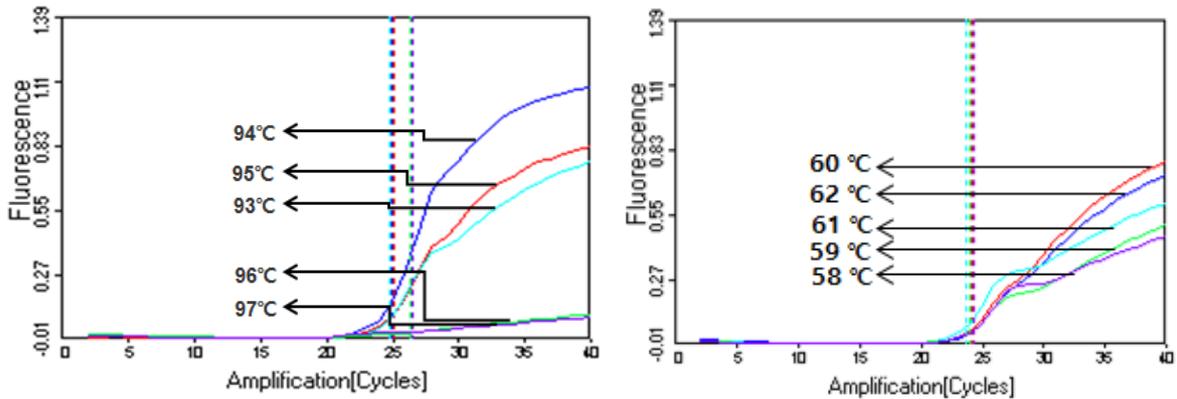


그림 71 URRT-PCR에서 kSBV-vp2 primer set에 대한 denaturation 및 annealing 조건의 최적화.

2.49 x 10⁷ 분자의 target DNA, 각 10 pmole kSBV-vp2 primer, 그리고 2x fast RT-PCR premix 로 조성하여 최종 볼륨 6 µl로 초고속 중합효소연쇄반응을 실시하였다.

(A) 변성 온도는 93 °C, 94 °C, 95 °C, 96 °C, 97 °C로 설정, 중합 온도는 각각 60 °C 고정하여 실시하였다.

(B) 변성 온도는 94 °C로 고정하여 설정, 변성 온도는 각각 58 °C, 59 °C, 60 °C, 61 °C, 62 °C로 설정하여 실시하였다.

각각 변성온도 94 °C, 중합온도 60 °C에서 가장 높은 가장 형광값을 나타내어 좋은 증폭을 보였다.

사. kSBV-vp2 primer을 사용한 URRT-PCR의 detection limit

kSBV-vp2 plasmid DNA는 10^{7-1} molecules로 serial dilution하여 검출한도를 측정하였다. kSBV-vp2 primer를 사용한 kSBV-specific URRT-PCR의 detection limit은 2.49×10^2 molecules (target DNA) 까지 검출할 수 있었으며, initial template $2.49 \times 10^7 - 2.49 \times 10^5$ 범위에서 정량성을 입증할 수 있었다(그림 72).

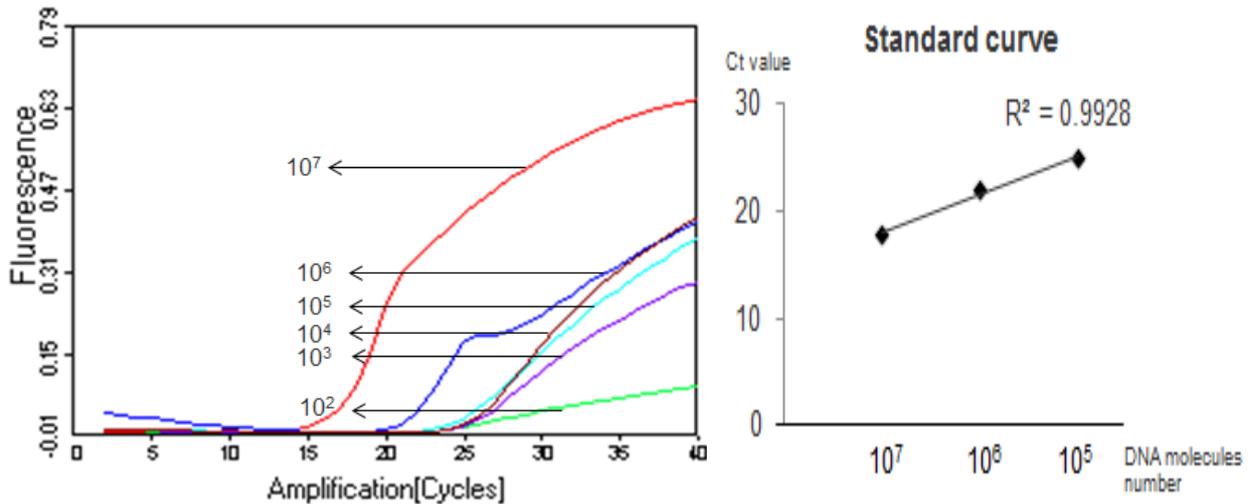


그림 72 kSBV-vp2 primer을 사용한 URRT-PCR의 detection limit. pGEM-kSBV-vp2 플라스미드 DNA에 연속 희석법을 이용한 후, $2.49 \times 10^{7,6,5,4,3,2,1}$ 분자의 각 주형을 URRT-PCR로 증폭시켰다. 최적의 조건에서 kSBV 특이 적 URRT-PCR이 수행되었다. kSBV 특이 적 URRT-PCR의 검출 한계는 2.49×10^2 분자 였고 허용 된 한도는 $2.49 \times 10^7 - 2.49 \times 10^5$ 이었다.

아. Detection 할 수 있는 URRT-PCR 최소화 시간

kSBV-vp2 plasmid DNA의 10^7 molecules of target DNA를 사용하여 URRT-PCR 조건의 denaturation, annealing, extension 시간을 감소시킨 결과, denaturation 1 sec, annealing 1 sec, extension 3 sec의 시간에서도 kSBV-vp2 Primer를 이용한 kSBV-specific 초고속 PCR에 의한 target DNA 증폭이 가능성이 확인되었다(그림 73).

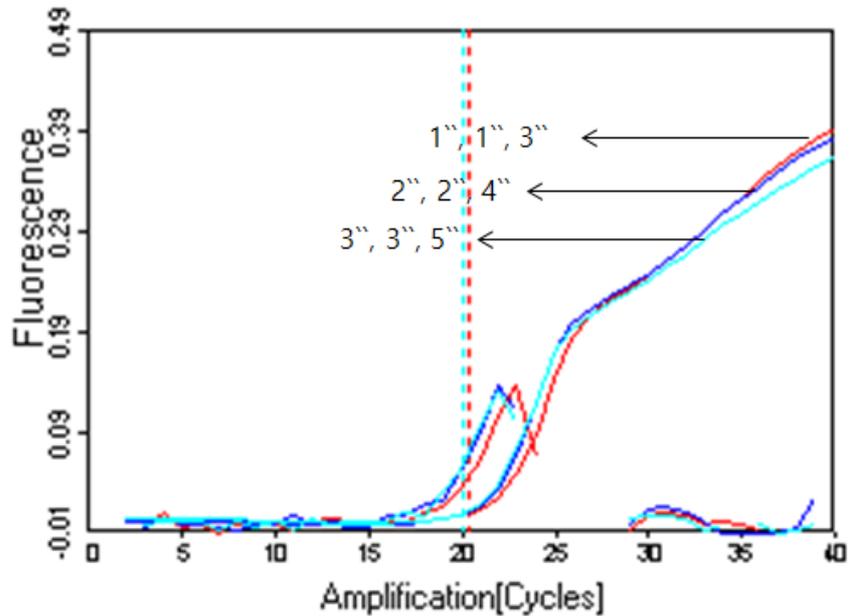


그림 73 URRT PCR에서 kSBV 검출 시간을 최소화하기 위한 : 각 사이클 단계의 최소화 시간. URRT-PCR 최적조건에서 증폭시켰으나, 각 사이클 단계의 시간은 denaturation 95 °C 3 sec, 2 sec, 1 sec, annealing 60°C 3 sec, 2 sec, 1 sec, extension 72 °C 5 sec, 4 sec, 3 sec로 다르게 수행되었다.

URRT-PCR에서 각 단계의 최소 시간은 변성 1 초, 어닐링 1 초 및 연장 3 초 조건이 표적 유전자를 증폭시킬 수 있음을 보여 주었다. 증폭 과정은 Ct 값과 amplicon의 모양이 동일합니다. 각 단계의 최소화 시간은 denaturation 1 sec, annealing 1 sec and extension 3 sec 조건으로 target DNA의 증폭이 가능한 것을 확인하였다. 증폭과정에서 Ct value와 amplicon은 동일한 형태를 나타내었다.

각 단계의 최소화 시간은 전체 PCR 반응에 거의 영향을 미치지 않았다. 그래프에서 초(sec)로 표시되었다.

자. 가장 빠른 detection 방법을 이용한 kSBV 진단

kSBV-vp2 primer를 사용하고, 2.49×10^5 molecules의 target DNA를 대상으로 40회전의 URRT-PCR을 수행하였다. 반응조건은 95°C pre denaturation 1 min 이후, 95 °C denaturation 1 sec, 60 °C annealing 1 sec, 72 °C extension 3 sec 이었으며, 그 결과, 40 회전 PCR에 총 14 min 28 sec의 시간이 소요되었고, 이 중 검출에 소요된 시간은 6 min 12 sec (24.86 CT)에서 kSBV 증폭 및 검출이 확인되었다(그림 74).

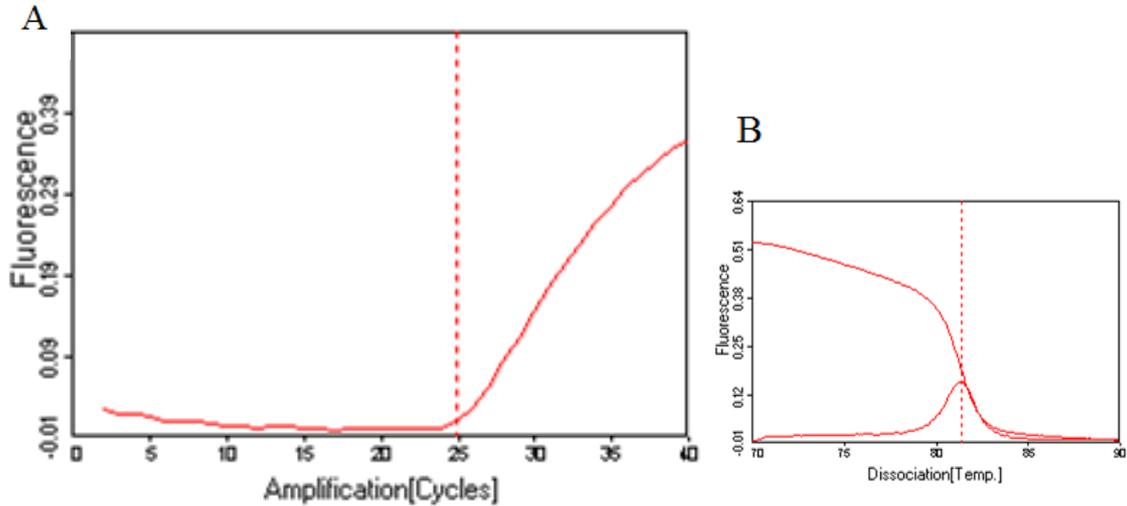


그림 74 초고속 실시간 PCR법을 이용한 초고속 한국산낭충봉아부패(kSBV)의 진단 (A) kSBV-vp2 primer set를 이용한 URRT-PCR Ct 그래프, (B) Melting temperature analysis.

최적 조건 하에서 kSBV 특이 적 URRT-PCR이 수행하였다. URRT-PCR 40 cycle은 14분 28초 소요 되었고, kSBV의 검출은 24.86 Ct 값에서 6분 12초로 확인되었다.

차. 고찰

꿀벌로부터 병원체를 검출해 내는 방법 중 가장 민감하고 특이성이 높은 방법은 실시간 (real-time) PCR법으로 인정되고 있다. 그러나 실시간 PCR법은 병원체 검색의 다른 방법들인 면역크로마토그래피법(immunochromatography)과 비교하면 간편성(easy)과 검사 소요시간 (rapidity)의 면에서 크게 불리하여 현장검사와는 거리가 먼 실험실적 방법으로 제한되어 왔다.

본 연구는 실시간 PCR법을 검사시간의 측면에서 크게 개선하여 초고속 PCR의 개념으로 확장시키고자 하였으며, kSBV와 같은 RNA-genome의 병원체를 검출하기 위하여 역전사-실시간 PCR을 또한 최단시간에 완료시킬 수 있는 방법을 강구한 것이다.

먼저, kSBV와 같은 RNA genome을 DNA로 전환시키는 cDNA 합성법은, 역전사 효소(예; MMLV-reverse transcriptase)를 사용하여 왔고, 오랜 기간 그 반응시간은 30분 이상 1시간까지 별다른 속고없이 수행되어 왔다.

그러나, 역전사 반응의 DNA합성의 시간 당 생산성은, PCR의 그것과는 비교될 수 없을 정도로 낮으며, 초고속 역전사 실시간 PCR (URRT-PCR)을 추구하기 위하여 cDNA-generation의 시간 단축은 필수적이라 할 것이다. 이 역전사 반응의 절대 반응시간에 대하여, Giang et al (2015)이 BQCV (Black queen cell virus)의 검출 실험에서 적시한 바 있으며, 역전사 반응을 1분, 5분 진행 후 PCR결과도 특이 PCR산물을 충분 양 생산할 수 있음을 보여주었다.

본 연구의 결과는 kSBV를 대상으로 한 것이며, cDNA 합성시간을 1분으로 단축하여도 target

DNA를 충분히 PCR 증폭시킬 수 있음을 입증하였으며, 30분의 cDNA 합성시간을 사용한 시료에 비하여 단지 CT 값이 0.71 밀리는 정량적 결과만을 보였다. 또한 역전사 반응액을 조성하고, 즉시, 즉 반응 온도 및 시간을 주지 않고 바로 PCR 증폭과 연결시켰을 경우에도 target DNA의 증폭이 가능하였던 것은, 실험목적 상 이 과정의 축소가 고려되어야 할 것이다 (그림 69, 표 14).

초고속 PCR에서는 1초 denaturation, 1초 annealing, 3초 extension의 초고속 PCR 조건을 수행한다. primer쌍에 따라 이를 수행할 수 있는 능력에서 우열이 있음을 보여주었으며, 이는 우선 primer의 염기서열에 기인한 template 염기서열과 혼성화 능력 (annealing ability)이 primer쌍에 따라 다른 것으로 해석되었다. 초고속 PCR에서 이 혼성화 능력이 우수한 primer쌍을 선발하는 것은 기본적인 중요 요소로 생각된다.

한편, 초고속 실시간 PCR의 결과에서 분석되는 초기기질의 양에 대한 정량성은, 기존의 실시간 PCR과 같은, 높은 정량성이 인정되며, kSBV-vp2 primer쌍을 사용한 초고속 실시간 PCR은 각 회전(cycle), 각 단계(step)의 반응시간을 각 3초-5초 수준으로 늘릴 경우, target DNA 10¹ molecules 수준까지 매우 정확하게 initial template의 정량이 가능함을 보여주었다. 그러나, 각 단계의 반응시간을 1초-3초로 감소시켰을 경우 유효한 정량성은 target DNA 10⁵ molecules 이상으로 약화됨을 보여주었으며, 이는 초고속 PCR이 나타내는 정량 PCR (quantitative PCR)로써의 한계일 수도 있을 것이다.

별도로, 초고속 PCR에 가장 적합한 DNA-polymerase의 발굴가능성을 조사해 보았다. 2X fast RT-PCR premix와 2X SsoFast™ EvaGreen® Supermix는 각기 다른 기원의 극내열성 DNA 중합효소 (extreme thermophile DNA-dependent DNA polymerase) 및 부가 요소를 사용하는 것으로 알려져 있으며, 이 두 종의 premix가 URRT-PCR의 조건에서 어떤 차이를 보이는지를 보고자 한 것이다.

결과를 요약하자면 전자는 21.55의 Ct값을 보였으며, 후자는 33.99의 Ct 값을 보임으로, 매우 큰 차이를 나타냈으며, 이는 URRT-PCR이라는 새로운 조건에서 최적의 DNA중합효소는 기존의 DNA중합효소와 다를 수 있음을 보여준 것이라 할 것이다.

본 연구에서 개발된 kSBV-특이 초고속 역전사 실시간 PCR (kSBV-specific Ultra-Rapid Reverse Transcription Real-Time PCR)법은, cDNA 제작 시간 1 분, 초고속 실시간 PCR 6분 12초 (CT 값 24.86)으로, kSBV 검출을 위한 가장 빠른 유전자 검사법일 것이다. 본 검사법의 개발로써 꿀벌의 타 병원체 검출을 위한 초고속 유전자 진단법이 후속 개발되기를 기대하며, 나아가 지카바이러스 등 공공의 관심을 받고 있는 병원체의 검출에도 적용되기를 기대한다.

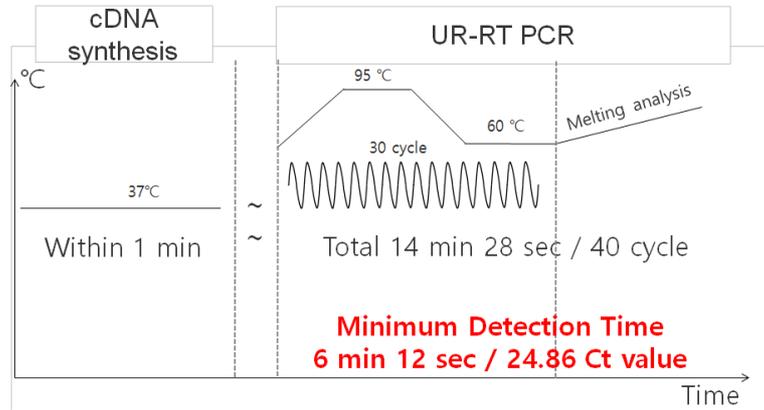


그림 75 한국산 낭충봉아부패병 바이러스(kSBV) 확인을 위한 초고속 중합효소연쇄반응 모델

한국산 낭충봉아부패병 바이러스(kSBV)를 신속하게 검출하기 위한 UR-RT-RT PCR 모델은 cDNA synthesis와 초고속 real-time PCR의 최소화된 시간을 이용하였다. 최소화된 kSBV 검출 모델을 사용한 결과 cDNA synthesis, melting analysis을 포함한 총 검출 시간은 14분 28초 / 40 cycle로 나타났다. cDNA synthesis을 포함하는 kSBV의 최소 검출 시간은 6분 12초 (24.86 Ct Value 에서)로 나타났다.

카. 결론 및 요약

꿀벌의 병원성 바이러스인 Sacbrood virus의 변종으로, 국내에서 한국산 낭충봉아부패병 바이러스(korean Sacbrood virus; kSBV)가 처음 인식된 것은 2010년이였다. 2010-2015년의 기간에 국내 토종벌의 거의 90%이상 이 바이러스의 감염에 의하여 큰 피해를 보았으나, 아직 이 바이러스의 감염을 차단하거나 통제 하는 방법, 왜 토종벌에만 감염이 되는지에 대하여 알려진 바는 거의 없다. 그렇기 때문에 빠르고 쉬운 검출방법 개발이 매우 중요하다할 것이다.

본 연구에서는 가장 빠르고 쉬운 kSBV 검출방법을 고안한 것으로, 초고속 실시간 PCR (URRT-PCR)과 cDNA 합성과정을 최적화하여, kSBV에 감염된 유충으로 부터 kSBV 검출에 소요되는 시간을 최소화한 것이다. 최적화된 kSBV-특이 초고속 역전사 실시간 PCR법을 적용하면, 낭충봉아부패병 바이러스의 감염여부는 6분 12초 만에 판정할 수 있었으며, 최소 2.5×10^1 kSBV의 DNA복사체도 정량적으로 측정할 수 있었다. kSBV-URRTRT PCR법은 실험실 뿐 아니라 양봉현장에서 kSBV감염을 정량적으로 검출해 내는 유용한 방법이 될 것으로 기대한다.

제 6절 연구개발 성과

1. 본 과제의 성과지표

성과 목표	사업화지표											연구기반지표							
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	S W 등록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I						
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건		
최종목표	2		2								1	4	4		6	1	2		
연구기간 내 달성실적	<u>6</u>	<u>2</u>	<u>2</u>								<u>0</u>	<u>15</u>	<u>24</u>		<u>12</u>	<u>0</u>	<u>2</u>		
달성율(%)	500		100								0	375	600		200	0	100		

2. 논문게재 성과

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부
1	꿀벌의 석고병, 백목병 현장 진단을 위한 신속 Ascospaera apis 및 Aspergillus flavus 검출법 개발	Journal of Apiculture	왕지희	31(1)	국내	한국양봉학회	비SCI
2	High Level of Sequence-Variation in Sacbrood Virus(SBV) from Apis mellifera	Journal of Apiculture	A-Tai Truong	32(4)	국내	한국양봉학회	비SCI
3	초고속 역전사 실시간 중합효소 연쇄반응을 이용한 한국산 낭충봉아부패병 바이러스의 가장 빠른 검출법	Journal of Apiculture	민상현	31(2)	국내	한국양봉학회	비SCI
4	다중PCR증폭과 특이 DNA-chip을 활용한 꿀벌 주요 11종 병원체의 검출법 개발	Journal of Apiculture	왕지희	31(2)	국내	한국양봉학회	비SCI
5	꿀벌 병원성 바이러스의 정량적 검출을 위한 정량 실시간 재조합효소-중합효소 증폭법의 개발	Journal of Apiculture	민상현	31(2)	국내	한국양봉학회	비SCI
6	Investigation of antibody titer against Japanese encephalitis virus from natural infections in Thoroughbred mares and their foals	Journal of Preventive Veterinary Medicine	양재혁	40(4)	국내	한국예방수의학회	비SCI
7	Comparison of Hippological Differences Between Jeju Ponies and Jeju Pony Crossbreds: II. The Incidence of Innate Pacers in the Jeju Raceresource	Journal of Veterinary Clinics	양재혁	33(6)	국내	한국임상수의학회	비SCI
8	꿀벌 6종 주요 병원체에 대한 초고속 다중PCR 검출법의 개발	Journal of Apiculture	임수진	32(1)	국내	한국양봉학회	비SCI
9	재조합효소-중합효소 증폭법(RPA) 및 중합효소 연쇄반응법(PCR)에서 생성된 특이 DNA 증폭산물간의 비교	Journal of Apiculture	김정민	32(1)	국내	한국양봉학회	비SCI
10	한국형 낭충봉아부패병 바이러스(kSBV)의 정의를 위한 새로운 SBV 유전자형의 제안	Journal of Apiculture	이철우	32(2)	국내	한국양봉학회	비SCI
11	뒤영벌 병원체 11종에 대한 실시간 중합효소 연쇄반응 검출법 개발	Journal of Apiculture	민상현	32(2)	국내	한국양봉학회	비SCI
12	초고속 유전자 증폭법을 이용한 벌집꼬마밀빠진 벌레(Aethina tumida)의 신속한 검출 기법 개발	Journal of Apiculture	김정민	32(2)	국내	한국양봉학회	비SCI
13	Slow Bee Paralysis Virus(SBPV) 신속 검출을 위한 초고속 역전사 중합효소 연쇄반응법의 개발	Journal of Apiculture	김소민	32(3)	국내	한국양봉학회	비SCI
14	초고속 유전자 증폭법을 이용한 서양뒤영벌 의심 병원체 Lysinibacillus fusiformis의 신속 검출법	Journal of Apiculture	김소민	32(3)	국내	한국양봉학회	비SCI
15	역전사 실시간 Recombinase Polymerase Amplification (RT/RT RPA)에 의한 꿀벌 Black Queen Cell Virus의 신속 검출	Journal of Apiculture	임수진	31(1)	국내	한국양봉학회	비SCI

3. 등록 특허 성과

등록연도	특허명	등록인	등록국	등록번호
2016	온습도 센서 고정부를 구비한 꿀벌통	제주대학교 산학협력단 주식회사 씨에스	대한민국	10-1635455-0000
2016	온습도센서 고정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치 및 그 방법	제주대학교 산학협력단 주식회사 씨에스	대한민국	10-1667309-0000
2017	무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치 및 그 방법	제주대학교 산학협력단 경기대학교 산학협력단 주식회사 씨에스	대한민국	10-1740641-0000
2017	소문개폐부를 구비한 꿀벌통	제주대학교 산학협력단 경기대학교 산학협력단 주식회사 씨에스	대한민국	10-1785371-0000

4. 출원 특허 성과

출원연도	특허명	출원인	출원국	등록번호
2017	초고속 PCR법을 이용한 벌집꼬마밀빠진벌레의 검출 방법	경기대학교 산학협력단	대한민국	10-2017-0149858
2017	소문개폐부를 구비한 꿀벌통	제주대학교 산학협력단	대한민국	10-2017-0184375
2017	전천후 서랍식 꿀벌 화분채집기	제주대학교 산학협력단	대한민국	10-2017-0184376
2017	자동환기장치를 구비한 꿀벌통	제주대학교 산학협력단	대한민국	10-2017-0184374
2017	부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치 및 그 방법	제주대학교 산학협력단	대한민국	10-2017-0184373
2017	뒤영벌 병원체 클레브시엘라 옥시토카 검출용 PCR 프라이머 및 이를 이용한 초고속 검출방법	경기대학교 산학협력단	대한민국	10-2017-0183625

5. 저작권(S/W) 성과

등록연도	등록 프로그램명	저작자명	등록기관	등록번호
2016	꿀벌사육상 센서데이터 변환시스템	제주대학교 산학협력단	한국저작권 위원회	C-2016-026055
2018	토종벌 정밀양봉을 위한 사물인터넷 기반 원격실시간 모니터링 시스템용 기상데이터 수집 시스템	제주대학교 산학협력단	한국저작권 위원회	C-2018-002522

6. 국내 및 국제 학술대회 발표

번호	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	2016 한국실험동물학회 동계 Symposium	Ki-Tae Kim	2016-02-19	강원도 용평리조트	대한민국
2	2016 한국실험동물학회 동계 Symposium	Jong-Moon Cho	2016-02-19	강원도 용평리조트	대한민국
3	2016년 제31차 한국양봉학회 춘계학술대회	Sang-Hyun Min	2016-03-24	경상북도 잠사곤충사업장	대한민국
4	2016년 제31차 한국양봉학회 춘계학술대회	Jee-Hee Wang	2016-03-24	경상북도 잠사곤충사업장	대한민국
5	2016년 제31차 한국양봉학회 춘계학술대회	Su-Jin Lim	2016-03-24	경상북도 잠사곤충사업장	대한민국
6	2016년 제31차 한국양봉학회 춘계학술대회	Su-Jin Lim	2016-03-25	경상북도 잠사곤충사업장	대한민국
7	2016년 제31차 한국양봉학회 춘계학술대회	Jee-Hee Wang	2016-03-25	경상북도 잠사곤충사업장	대한민국
8	2016년 제31차 한국양봉학회 춘계학술대회	Su-Jin Lim	2016-03-25	경상북도 잠사곤충사업장	대한민국
9	2016 KSPVM Symposium	Jong-Moon Cho	2016-05-27	제주대학교 수의과대학	대한민국
10	2016 KSPVM Symposium	Jong-Moon Cho	2016-05-27	제주대학교 수의과대학	대한민국
11	2016년 제31차 한국양봉학회 추계학술대회	Sang-Hyun Min	2016-10-20	국립 산림과학원	대한민국
12	2016년 제31차 한국양봉학회 추계학술대회	Sang-Hyun Min	2016-10-20	국립 산림과학원	대한민국
13	2016년 제31차 한국양봉학회 추계학술대회	Jee-Hee Wang	2016-10-20	국립 산림과학원	대한민국
14	2016년 제31차 한국양봉학회 추계학술대회	Su-Jin Lim	2016-10-20	국립 산림과학원	대한민국
15	2016년 제31차 한국양봉학회 추계학술대회	Sang-Hyun Min	2016-10-21	국립 산림과학원	대한민국
16	2016년 제31차 한국양봉학회 추계학술대회	Jee-Hee Wang	2016-10-21	국립 산림과학원	대한민국
17	2016년 제31차 한국양봉학회 추계학술대회	Su-Jin Lim	2016-10-21	국립 산림과학원	대한민국
18	2016년 제31차 한국양봉학회 추계학술대회	Jung-Min Kim	2017-04-13	인천대학교 송도캠퍼스	대한민국
19	2017년 제32차 한국양봉학회 춘계학술대회	Byoung-Su Yoon	2017-04-13	인천대학교 송도캠퍼스	대한민국
20	2017년 제32차 한국양봉학회 춘계학술대회	Chil-Woo Lee	2017-04-13	인천대학교 송도캠퍼스	대한민국

21	2017년 제32차 추계학술대회	한국양봉학회	Su-Jin Lim	2017-04-13	인천대학교 송도캠퍼스	대한민국
22	2017년 제32차 추계학술대회	한국양봉학회	A-Tai Truong	2017-10-24	논산시 농업기술센터	대한민국
23	2017년 제32차 추계학술대회	한국양봉학회	Jung-Min Kim	2017-10-24	논산시 농업기술센터	대한민국
24	2017년 제32차 추계학술대회	한국양봉학회	Su-Jin Lim	2017-10-24	논산시 농업기술센터	대한민국

7. 인력양성 성과

번호	기준년도	학 위	소 속	성 명
1	2016	이학석사	경기대학교 생명과학과	루용티홍장
2	2016	이학석사	경기대학교 생명과학과	용소정
3	2016	이학석사	경기대학교 생명과학과	이주성
4	2017	이학석사	경기대학교 생명과학과	민상현
5	2017	이학석사	경기대학교 생명과학과	왕지희
6	2016	수의학사	제주대학교 수의학과	김기태
7	2016	수의학사	제주대학교 수의학과	정영석
8	2016	수의학사	제주대학교 수의학과	김지현
9	2017	수의학사	제주대학교 수의학과	김민구
10	2017	수의학사	제주대학교 수의학과	오승용
11	2017	수의학사	제주대학교 수의학과	조종문
12	2017	수의학사	제주대학교 수의학과	황지은

8. 홍보실적

번호	홍보유형	매체명	홍보내용	홍보일자
1	중앙TV방송	KBS 6시 내고향	도종별 정밀양봉을 위한 사물인터넷 기반 원격실시간 모니터링 시스템 소개함.	2017. 06. 20
2	지방TV방송	제주 MBC 스토리 공감	연구 사육 시설 공개 연구책임자 인터뷰	2017. 06. 04



좌) KBS 6시 내 고향

우) 제주 MBC 스토리 공감

9. 기술요약정보

연도	기술명	요약내용	기술완성도
2017	부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치 및 그 방법	<p>본 기술은 꿀벌의 생육 및 채집활동에 의한 무게 변화량에 대한 모니터링 장치 및 그 방법에 관한 것이다. 유밀기 꿀벌의 방화활동에 의해 저장되는 벌꿀의 의한 무게의 변화량을 측정하여 수집된 무게데이터를 분석한 후 사용자에게 적절한 채밀시기를 권고함으로써 채밀시기를 정확하게 판단할 수 있도록 해준다.</p> <p>종래의 무게측정부에서 발생하는 구조적 문제로 인한 흔들림을 효과적으로 억제할 뿐만 아니라 꿀벌통과 일체형으로 구성되어 있기 때문에 설치 및 적용이 간편하다는 효과가 있다.</p>	개발완료
2017	자동환기부를 구비한 꿀벌통	<p>본 기술은 설정한 온습도 값의 임계치를 초과하여 분봉열이 발생되기 전에 자동으로 센서 디바이스 상단에 자동개폐장치가 개방되도록 설계하여 꿀벌이 안정적으로 생육할 수 있도록 과열을 방지하여 내부 환경을 제어해주는 역할을 하는 자동환기장치의 개발에 관한 것이다.</p> <p>측정된 온도가 사용자가 설정한 임계치를 초과하면 센서보드 내부의 MCU 또는 서버, 미들웨어 임베디드의 명령을 통하여 자동 개폐 장치에 작동 명령을 내린다. 명령에 따라 환기구의 개방을 통하여 사육상 내부의 열을 대류현상을 통해 식혀주고, 이를 통하여 꿀벌의 생육 최적 온도인 35℃를 유지할 수 있도록 한다. 이는 꿀벌의 생육을 도와 노동 효율을 높여 벌꿀의 획득량을 증대시킴으로써 효율적인 양봉이 가능하도록 할 수 있는 효과가 있다.</p>	기술개발 진행 중
2017	소문개폐부를 구비한 꿀벌통	<p>본 기술은 사용자가 서버를 통해 개폐를 제어할 수 있는 소문개폐장치로, 단두대 형태로 꿀벌통 외부에 간편하게 설치가 가능하며, 개폐각도에 따라 소문의 개방 정도를 조절할 수 있도록 하여, 말벌의 피해가 있을 때는 사람이 현장에 방문하는데 걸리는 소요시간 동안 소문을 완전 폐쇄하여 1차 피해를 막고, 2차 조치를 통해 말벌의 제거를 행할 수 있도록 하며 야간에는 꿀벌의 출입이 없으므로 개방각도를 작게 하여 외</p>	기술개발 진행 중

		<p>부의 찬 공기의 유입을 차단하여 꿀벌의 보온활동에 대한 부담을 줄여주는 효과가 있다.</p> <p>종래에 개발된 제품의 경우 꿀벌과 말벌의 체구 차이를 이용하여, 소문 앞에 꿀벌은 출입이 자유롭고 꿀벌보다 체구가 큰 말벌은 출입을 제한하는 형태로 개발되었으나, 꿀벌이 보호망 외부로 나가 말벌과 조우하면 꿀벌은 결국 말벌의 공격에 노출되기 때문에 큰 효과를 보기 어려웠다. 사물인터넷 기술을 적용하여 사용자가 원하는 시점에 스마트폰, PC로 제어가 가능하며, 향후 말벌의 침입에 따른 내부 생육환경 변화 신호를 개폐제어 알고리즘으로 적용한다면 말벌이 침입하면 침입에 의한 측정 환경인자의 변화를 감지하여, 자동으로 소문을 폐쇄할 수 있다.</p>	
2017	<p>초고속 역전사 실시간 중합효소 연쇄반응을 이용한 한국산 낭충봉아부패병 바이러스의 가장 빠른 검출법 개발</p>	<p>PCR 검사법은 가장 민감하고 특이성을 가진 방법으로 알려져 있으며, 실시간 PCR법 (Real-time PCR)은 정량적, 정성적 분석이 가능하여 보다 널리 사용되고 있다.</p> <p>본 기술은 가장 빠르고 쉬운 kSBV 검출방법을 고안한 것으로, 초고속 실시간 PCR (URRT-PCR)과 cDNA 합성과정을 최적화하여, kSBV에 감염된 유충으로부터 kSBV 검출에 소요되는 시간을 최소화한 것이다. 최적화된 kSBV-특이 초고속 역전사 실시간 PCR법을 적용하면, 낭충봉아부패병 바이러스의 감염여부는 7분 12초 만에 판정할 수 있었으며, 최소 2.5×10^1 kSBV의 DNA복사체도 정량적으로 측정할 수 있었다. kSBV-URRT-PCR법은 실험실 뿐 아니라 양봉 현장에서 kSBV감염을 정량적으로 검출해 내는 유용한 방법이 될 것으로 기대한다.</p>	기술개발 진행완료

제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

연구성과 및 목표 대비 실적

1. 1차년도

구분	세부과제명	세부연구목표	달성도(%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2016)	토봉 사육상 생육환경모니터링 시스템 개발	토봉용 센서 디바이스 제작 및 적용시험	100	- 토봉용 개량 사육상에 맞는 형태의 센서 디바이스를 제작하여 적용 - 디바이스 케이스의 방습과 단가 절감을 위해 포맥스 재질의 케이스 도입 - 개량 사육상에 센서 디바이스 적용완료 - 생육교란 여부 점검하여 이상없음 확인
		생육환경 원격모니터 링 기반 구축	100	- 선행 연구를 바탕으로 디바이스 설치위치 등 최적조건 선정 - 토봉 시험 양봉시설 구축 - 외부환경에 대한 완충효과를 위한 사육상 외부보호장치 개발 - 개량사육상 도입 과정 점검 - 총 7종의 환경인자 데이터 수집 센서 디바이스 구축완료
		생육환경 데이터 수집 /관리시스템 구축	100	- 데이터 수집·관리용 서버 구축 - 데이터 수집·전송장치 설치
		생육환경 모니터링시 스템 구축	100	- PC·스마트폰용 실시간 데이터 수집 관리 모니터링 시스템 구축
	아열대조건하 토 봉의 상태 신호분 석	계절별 내·외부 온습 도의 정상치 수집 및 분석	100	- 5가지 환경인자에 대한 정상치 수집·분석완료 - 동절기, 하절기에 대한 생육신호 분석 완료
		생육단계별 정상신호 수집 및 분석	100	- 월동기, 생육기에 대한 생육신호 분석 완료
		채밀, 분봉, 유, 무밀 기의 온, 습도분석	100	- 분봉 발생에 대한 온·습도, CO ₂ 분석완료 - 채밀에 의한 무게 감소 분석완료
		채밀, 분봉, 유, 무밀 기의 중량변동 패턴분 석	100	- 채밀, 분봉, 도봉에 대한 중량변동 패턴 분석완료
	온대조건하 토봉 의 상태 신호분석	정상신호 수집 및 분 석	100	- 생육단계를 월동기(겨울), 생육기(봄, 여름)로 분류하여 정상 신호 분석 완료

	계절별의 내, 외부 온 습도의 정상치 수집 및 분석		
	토종별의 생육단계별 정상신호 수집 및 분 석 (채밀, 분봉, 유, 무 밀기)		
	이상신호 수집 및 분 석(온대기후 조건)	100	- 말벌침입, 도봉, 분봉 시 발생하는 생육신호 분석완료 - 도봉, 도거, 말벌침입에 의한 약세화 신호 분석 완료 - 서양종에 의한 도봉으로 당액 급여 지양, 과잉저밀 상태 조성 불가
	약세화에 대응한 표출 신호분석 및 질병 정 밀진단		
	과잉저밀에 대응한 표 출 신호분석		
	비상신호 수집 및 분 석(온대기후 조건)	100	- 온대 기후에서 자생하고 있는 장수말벌 침입에 의한 피해 데이터 확보 분석완료 - kSBV 자연적 감염 없었음, 인공감염은 꿀벌 행동반경 광범위, 전과 위험요소 많아 진행 불가 - kSBV 초고속 검출법 확립 - 토종별 질병 초고속 진단 시스템 확립
	kSBV 등 감염에 의한 이상징후 분석		
	말벌침입 등 외부 위 해에 의한 이상징후 분석		

2. 2차년도

구분	세부과제명	세부연구목표	달성도(%)	연구개발 수행내용
2차 년도 (2017)	아열대조건하 토 봉의 상태 신호분 석	사육상 내부 정상신호 분석 및 최적화	100	<ul style="list-style-type: none"> - 농가 보급시 사육상 내부 정상 신호 분석의 최적화를 위해 사각별통에서 개량별통의 도입 테스트 진행 완료 - 생육단계별, 계절별 내, 외부 온습도 적정범위 설정 및 최대·최소 임계 값 설정 완료 - 분봉 시 환경인자 변화 신호 분석 완료
		계절별 내, 외부 온습 도 정상치 분석		
		생육단계별 정상신호 분석 - 채밀, 분봉, 유, 무 밀기, 온, 습도 신호 분석	100	<ul style="list-style-type: none"> - 서양벌에 의한 도봉 피해에 따른 소멸과정 분석을 통하여 약세화 대응 표출 신호 분석 완료 - 질병 의심 시료 채취 후 초고속 PCR, 간이진단키트로 질병 진단 완료 - 서양종에 의한 도봉으로 당액 급여 지양, 과잉저밀 상태 조성 불가
		- 채밀, 분봉, 유, 무 밀기의 중량변동 분석		
이상신호 분석 및 최 적화	100	<ul style="list-style-type: none"> - 서양벌에 의한 도봉 피해에 따른 소멸과정 분석을 통하여 약세화 대응 표출 신호 분석 완료 - 질병 의심 시료 채취 후 초고속 PCR, 간이진단키트로 질병 진단 완료 - 서양종에 의한 도봉으로 당액 급여 지양, 과잉저밀 상태 조성 불가 		
•약세화에 대응한 표 출 신호분석 및 질병 진단				
비상신호 분석 및 최 적화	100	<ul style="list-style-type: none"> - 중형말벌침입, 도봉, 분봉, 도거 등 비상 시 나타난 특이 데이터 수집 및 분석 완료 - 꿀벌부채명나방 발생에 따른 이상징후 유무 분석 완료 - 서양종에 의한 도봉 피해 진행에 따른 이상 징후 분석 완료 		
•외부기생충 등에 의 한 이상징후 분석				
•도봉 등 외부위해에 의한 이상징후 분석	100	<ul style="list-style-type: none"> - 5가지 환경인자의 실시간 데이터 수집, 정상치 분석, 임계 값 설정 완료 - PC, 스마트폰 모니터링 인터페이스 개발 완료 - 경보전송 및 사육상 제어 위한 프로토콜 개발 완료 		
토봉사육상 생육상태 진단시스템 개발 및 prototype 제시				
데이터기반 생육상태 진단시스템 개발				
진단결과 경보전송시 스템 개발				

온대조건하 의 정상상태 분석	토봉 신호	정상신호 수집 및 분석 - 계절별의 내, 외부 온습도의 정상치 분석 및 최적화 토종별의 생육단계별 정상신호 수집 및 분석 (채밀, 분봉, 유, 무 밀기)	100	- 생육단계를 월동기(겨울), 생육기(봄, 여름)로 분류하여 정상 신호 분석 완료
		이상신호 분석 및 최적화 약세화에 대응한 표출 신호분석 및 질병 정밀진단 저밀 과, 부족에 대응한 표출 신호분석	100	- 도봉, 분봉, 도거 등 비상 시 나타난 특이 데이터 수집 및 분석 완료 - 꿀벌부채명나방 발생에 따른 이상징후 유무 분석 완료 - 대형말벌침입에 의한 약탈 피해 진행에 따른 이상 징후 분석 완료 - 서양종에 의한 도봉으로 당액 급여 지양, 과잉저밀 상태 조성 불가
		비상신호 분석 및 최적화 kSBV 등 인공감염에 의한 이상징후 분석 말벌침입, 인위적 처치 등 외부위해에 의한 이상징후 분석	100	- 대형말벌침입에 의한 약탈 피해 진행에 따른 이상 징후 분석 완료 - kSBV 자연적 감염 없었음, 인공감염은 꿀벌 행동반경 광범위, 전파 위험요소 많아 진행 불가

관련분야에의 기여도

1. 기술적 측면

IT를 활용한 첨단 양봉 기술 보급을 통하여 농촌정보화를 실현하여 농가의 노동력 감소, 소득증가에 기여할 수 있다. 그리고 무선 센서 네트워크 기반의 생장 환경 요소 측정 기술 적용을 통한 정보화를 실현할 수 있다.

또한, 스마트 기기를 통한 농가별 생육 데이터의 체계적 관리가 가능하게 된다. 온도/습도/이산화탄소 등 다양한 환경요소를 측정하는 센서의 확대, 생장환경 정보 DB 구축을 통한 노하우 획득으로 서양종에 비하여 생태, 질병 등 기초연구자료가 부족한 동양종에 대한 기초연구에 기여할 수 있다.

u-IT 기술 적용에 따른 서비스 모델 확산에 따른 산업 수요에 기여, 스마트팜, IOT 농업, 축산에 대한 관심도와 시장 성장에 기여할 수 있다. 이를 통해 보다 효율적이고 실용적인 기술 및 사업을 창출할 수 있다. 농가보급을 통한 현장시험과 현장에서 습득하여 축적되는 빅데이터를 국가에서 수집하여 향후 국가 방역체계에 적용 할 수 있는 가능성을 제안할 수 있다. 테스트베드 구축을 통한 양봉산업 현장의 환경 표준화 요소, 질병감염에 대한 조기 진단을 기대할 수 있다.

2. 경제·산업적 측면

양봉산업과 u-IT 융·복합 기술의 접목을 통한 지역농촌경제 발전과 양봉농가의 경쟁력을 확보할 수 있다. 농업관련기관과 공동사업 확대 및 전파를 기대할 수 있다. 선진국의 기술중속 방지 및 양봉 관련 세계 시장을 선도할 수 있다. 양봉 분야 USN 기술 적용을 위한 표준화 개발을 기대할 수 있다. 농가 소득 증대와 이어지는 과학영농을 실현할 수 있는 기반이 마련되었다.

병충해를 미연에 감지할 수 있을 뿐 아니라, 연간 생육상황을 파악하여 채밀에 대비 할 수 있으며, 채밀시기 등의 정확한 계획에 의하여 양봉소득 생산성을 극대화 할 수 있다.

종의 습성과 사육상의 구조적 한계로 직접 내검이 어려운 토종꿀벌에 대하여 직접 내검을 하지 않고 봉군의 상태를 추적할 수 있는 시스템의 보급으로 질병 감염의 조기 파악과 체계적인 봉군관리를 정착시킬 수 있다. 토종꿀벌의 종보존에 기여하여 현재 붕괴되고 있는 토종별 양봉 산업을 부흥시킬 수 있다. 또한, 화분매개 주역이 되는 벌들의 개체수가 유지됨으로 인하여, 비단 양봉산업 뿐 아니라 과수농가의 생산성 증가도 꾀할 수 있다는 산업적 측면에서의 기여도 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

제 5장 연구개발의 활용 계획 등

추가 연구의 필요성

본 과제를 통하여 동양종 봉군에서의 환경인자 중 봉군 내부의 온도와 상대습도, 이산화탄소 농도의 정상치와 봉군의 생존과 효율적인 관리를 위한 임계 최대값과 최소값을 도출하는데 성공하였다. 그러나 일벌의 선풍활동과 비행, 여왕벌 특유의 발음으로 인하여 발생하는 봉군내부의 소음은 매우 중요한 인자로서 봉군의 외역활동, 외적의 침입, 봉군의 온도유지를 위한 대사활동, 처녀왕의 탄생 등 많은 정보를 제공할 수 있다고 사료된다. 또한 꿀벌과 말벌의 날개 크기 차이로 인한 비행소음의 차이는 향후 말벌 침입에 대한 조기 발견과 대응에 큰 기여를 할 수 있을 것이다. 그러나 본 연구에서 적용한 소음센서의 낮은 감도로 인하여 그 분석에 어려움을 겪었다. 향후 이러한 부분에 대한 보완과 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

또한 동양종의 경우 산간지대와 같은 오지에서 사육되는 경우가 많기 때문에 무선화된 시스템의 구현을 위한 시스템의 개선과 연구가 추가로 필요하다. 또한 그늘지고 서늘한 곳을 선호하는 습성 상 동양종 봉군은 서양종과 달리 주로 산림지대와 같은 개방된 음지에 위치하기 때문에 외부 환경에 대한 영향이 크며 이로 인하여 강우와 적설에 따른 중량의 변화가 생육과정에서 발생하는 중량 변화 데이터에 대해 간섭하는 현상이 매우 심하게 나타났다. 이는 구조적 개선을 통한 하드웨어적 접근, 알고리즘의 설계 등 데이터를 가공하는 방법 등을 적용하여 외부영향에 의한 데이터를 배제하는 소프트웨어적 접근을 통한 개선이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 중요한 목적 중 하나였던 한국형낭충봉아부패병(kSBV) 등의 질병발생 시 초기의 이상징후의 조기과약을 위한 환경인자 변화 데이터의 수집은 봉세의 약화 signal을 해석하여 일반적인 알람통보가 가능한 것으로 판단되었으나, 강력한 전염성과 피해를 나타내는 병원체의 특성과 넓은 행동반경을 가지는 꿀벌의 생태, 최근 다양한 병원체와 해충이 동양종과 서양종 간 기주이전에 성공하는 상황에서 인근 서양종의 기주 이전을 통한 새로운 유전형의 발생 가능성을 감안한다면, 밀폐·격리된 양봉질병 연구 시설의 (예를 들면, 격리된 도서지역) 필요성을 실감하였기 때문에 국가적 차원에서 그 설립을 제안하며, 시설이 확립된다면 본 연구의 결과물을 해당 시설에 적용하여 질병과 외래 해충의 인공감염 실험에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

타 연구의 응용

본 연구를 통해 개발된 센서디바이스는 특정 좁은 공간에서 사육되는 생명체의 생육환경의 모니터링에 대하여 외부 케이스의 구조를 변형하여 응용하면 적용이 가능할 것으로 판단된다. 온도와 습도는 어떤 생물의 생육환경의 최적화를 위해서는 반드시 적정 수치로 조절이 필요하며 중량은 해당 생물의 발육과 성장을 반영할 수 있기 때문에 본 시스템의 기본적인 구조를 도입하여 응용한다면 적용이 가능 할 것으로 사료된다. 이는 최근 각광받고 있는 식용곤충 산

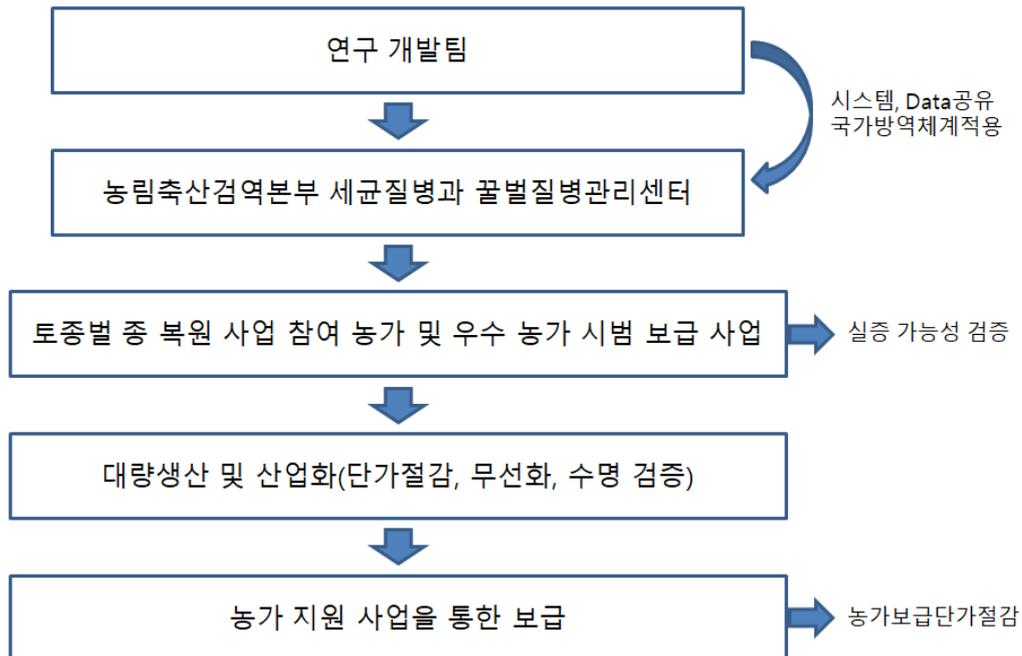
업과 소형 반려 동물 산업에도 해당된다.

또한 토종꿀벌의 생태연구에 있어서도 응용이 가능하다. 본 연구를 진행하면서 체감한 바로는 서양종에 비해서 동양종의 기초연구가 미진하였다. 기초적인 생태 연구를 비롯하여 질병, 외부 기생충 연구 등에 본 시스템을 도입하여 봉군의 변화를 파악하고 생태활동을 분석하는데 활용이 가능할 것으로 사료된다.

기업화 추진 방안

기업화의 추진방안은 아래와 같다 즉, 방역기관인 ‘농림축산검역검사본부의 세균질병과 꿀벌 질병관리센터’와 시스템 및 data를 공유한다. 현재 대부분의 봉군이 폐사하여 많은 토종벌 농가가 경영을 포기하여 소수의 복원사업 참여 농가 및 자체적으로 복원과 중봉분양을 진행하는 우수 농가가 토종벌의 명맥을 유지하고 있다. 따라서 위와 같은 농가에 우선적으로 보급하는 시범 사업을 실시하여 본 시스템의 꿀벌질병에 대한 국가방역시스템으로서의 진가를 증명하고, 현장에서의 실증 가능성을 검증한 후, 제조업체로 하여금 대량생산을 통한 단가절감과 무선 시스템의 개발 및 기업화를 추진한다. 이를 통해서 개량, 생산된 센서 디바이스와 해당 시스템을 농가에 보다 저렴하게 보급하기 위하여 한국양봉농협, 한국양봉협회, 각 지자체 축산과를 통한 농가 지원 사업에 입찰하여 농가에 지원금을 보조하는 방법으로 농가에 공급단가를 낮추는 형태로 보급을 진행할 예정이다.

한편, 2016년부터 이미 꿀벌질병관리센터의 연구원들과 데이터와 Interface를 공유하고 관련 계획을 추진하고 있다.



기업화 추진 방안 및 Business Model

제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

최근 국내, 외에서 양봉분야의 생산성 향상을 위한 다양한 기자재와 첨단기술의 개발이 이루어지고 있다. 주요작물과 자생식물의 화분매개를 통한 생태계의 유지와 농업생산에 대한 기여, 양봉산물의 생산을 통한 경제 효과에 주역을 담당하는 꿀벌은 최근 다양한 질병과 환경오염, 해충에 의하여 개체수가 줄어들고 있다. 특히 서양종 꿀벌이 도입되기 이전부터 오래도록 국내에서 사육되어왔으며 오랜 역사를 가진 토종꿀벌은 최근 한국형 낭충봉아부패병의 만연으로 전멸위기에 처해있다. 이는 토종벌 양봉산업의 붕괴뿐만 아니라 종다양성 측면에서 한 종의 멸종을 야기할 수 있는 심각한 문제로 작용하고 있다.

꿀벌의 질병에 대한 진단과 치료의 대한 오랜 연구에도 불구하고 더욱 많은 질병이 증가하고 있는 원인은 아마도, 일반 가축과는 달리 통제할 수 없는 꿀벌의 야생성에 기인하는 측면도 있다고 판단되며, 세계화 시대에 맞물려 무역의 증가로 인한 병해충의 유입과 과거 격리되어 있던 동양종과 서양종의 접촉으로 종간 기주이전을 통해 다양한 질병과 해충의 감염이 발생하고 있는 것에도 그 원인이 있다고 사료된다. 그 예로 동양종에서 서양종으로 기주 이전된 꿀벌 응애와 노제마병(*Nosema ceranae*), 중국에서 1990년대 국내로 유입된 중국가시응애가 있다. 질병의 통제와 진단은 현장에서 주로 내검을 통한 봉군의 관리를 통해서 이루어지지만 동양종의 경우 서양종에 비하여 환경변화와 인위적 간섭에 민감하며, 사육상의 구조적 특징으로 더욱 관리에 어려움이 있는 실정이다. 또한 질병과 해충의 감염이 진행이 일정 수준 이루어진 후에야 육안으로 경과를 확인할 수 있기 때문에 이상징후의 조기파악과 빠르고 정확한 진단의 필요성이 대두되고 있다.

이러한 대안으로서 원격모니터링에 관한 USN 방식이 연구논문을 통해서 발표되고 있으며 상품화 또한 이루어지고 있다. 이와 같은 흐름은 향후 양봉업에 있어서도 봉군 관리 패러다임의 전환을 일으킬 것으로 기대된다. 최근 상품화 또는 그 진행단계에 있는 제품으로는 영국의 Arnia (<http://www.arnia.co.uk>)사, 미국의 beesmarttechnologies사 (<https://beesmarttechnologies.com>) 국적불문의 mybeeline사 (<http://www.mybeeline.co>) 에서 이루어지고 있다.

그러나 상품화에 대한 시도와 USN을 이용한 봉군 내부 생육환경 연구 모두 현재 서양종에 국한되어 있으며, 동양종에 대한 USN 방식의 센서 디바이스의 도입을 통한 생육분석과 이상징후 조기 진단의 시도는 본 연구를 제외하고 아직 시도되지 않았기 때문에 본 연구가 갖는 의의는 남다르다고 볼 수 있다. 특히 동양종의 경우 서양종에 비해 생태를 포함한 기초 연구가 미흡한 실정이므로 본 연구의 결과물이 연구용 시스템으로 구현 된다면 동양종의 기초 생태 및 병해충 연구에 편리성을 제공하여 그 효과가 클 것으로 기대된다.

제 7장 연구개발결과의 보안등급

코드번호	D-09
<input type="radio"/> 해당사항 없음	

제 8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	코드번호		D-10	
					구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호
				해당사항 없음				

제 9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행 실적

1) 제주대학교

① 2016년도

○ 연구활동종사자(학부생 포함)법정 안전교육 실시

-관련근거

미래창조과학부 「연구실안전환경조성에 관한 법률」 제18조(교육훈련)

제주대학교 「연구실안전관리규정」 제11조 및 제1조의2(안전교육)

-교육명:연구활동종사자연구실안전교육(법정의무 교육)

-교육대상:과학기술분야 연구활동종사(교수,조교,학부생,대학원생,연구원)

-교육기간:2016.10~2017.01

-교육시스템:제주대학교이러닝센터 홈페이지

-교육이수조건:12차시이상 수강

② 2017년도

○ 연구실 사고사례 전파 및 안전관리 강화 요청

- 사고발생 상황 대비 동종사고 재발방지 대책

	사고발생 상황 추정	동종사고 재발방지 대책
1	연구실책임자 부재 중 미사용 질산,염산을 미상의 유기물이 담긴 산 전용 폐액통에 폐기	연구실책임자 관리 하에 폐약처리 작업을 실시하고 미사용 시약은 폐기시 용기째 처리 폐액통에 처리 된 폐액을 확인할 수 있도록 폐액대장 부착 및 기재 염수(유기물과 산은 분리처리 필요)
2	학부생 산 전용 폐액통을 직접 들고 이동중 폐액통 내부 화학반응에 의한 폭발 폐액통에서 유증기 발생을 확인하였으나 뚜껑을 막고 운반을 지속	폐액통 운반 시 개인보호구(보안경,보호복 등)를 반드시 착용하고 2인이상이 폐액통 운반 전용 카트사용 폐액통에서 유증기 발생시 연구실 책임자에게 즉시 알리기 및 대피
3	최초 확인자가 119,안전환경관리자에게 사고신고 및 비상세척설비를 이용한 피해부위 긴급세척	사고발생시 비상행동요령 및 비상연락망을 육안으로 확인 가능하도록 연구실에 게시하고 관련 교육실시 시약을 취급하는 연구실에는 비상 세척설비를 설치하고 신체부위 시약 노출시 흐르는 물에 최소 15분이상 세척
4	출입차단 및 누출시약	누출시약의 유해증기 등 2차 피해 발생을 최소화하기

제거를 위한 환기 실시	위하여 출입차단
	누출시약에 대한 MSDS/GHS 정보확인 후 대응하고 정보가 불분명 할시 전문가를 통하여 제거 실시

○ 연구활동종사자(학부생 포함)법정 안전교육 실시

-관련근거

미래창조과학부 「연구실안전환경조성에 관한 법률」 제18조(교육훈련)

제주대학교 「연구실안전관리규정」 제11조 및 제1조의2(안전교육)

-교육명:연구활동종사자연구실안전교육(법정의무 교육)

-교육대상:과학기술분야 연구활동종사(교수,조교,학부생,대학원생,연구원)

-교육기간;2016.10~2017.01

-교육시스템:제주대학교이러닝센터 홈페이지

-교육이수조건:12차시이상 수강

○ 2017년 연구(실험)실 안전 현장점검 실시

- 점검기간 : 2017. 7. 17 ~ 8. 11(4주간)

- 점 검 : 정기점검(1년에 1회 이상)

- 점검기관 : 한국소방협회

- 점 검 실 : 460개실

○ 연구활동종사자(학부생 포함)법정 안전교육 실시

-관련근거

미래창조과학부 「연구실안전환경조성에 관한 법률」 제18보(교육훈련)

제주대학교 「연구실안전관리규정」 제11조 및 제1조의2(안전교육)

-교육명:연구활동종사자연구실안전교육(법정의무 교육)

-교육대상:과학기술분야 연구활동종사(교수,조교,학부생,대학원생,연구원)

-교육기간;2017.10~2017.12

-교육시스템:제주대학교이러닝센터 홈페이지

-교육이수조건:12차시이상 수강

○ 2017년 찾아가는 연구실 맞춤형 안전교육

-관련근거(법률)

「연구실안전환경 조성에 관한 법률」 제18조(교육,훈련등)

제주대학교 「연구실 안전관리 규정」 제11조의 2(안전교육의 이수 및 관리)

-교육(대상)

과학기술분야 연구활동 종사자(교수,학부생 및 대학원생,연구원 및 연구보조원)

- 교육내용(일정)

시간	교육내용	강사
13:40 ~ 14:10	교육 등록 및 개회	
14:10 ~ 14:50	실험실 사고사례 및 예방관리	박갑동 원장(국제적합성평가원)
15:00 ~ 15:40	연구실 안전법 명 유해물질 안전관리	김영만 박사(KIST)
15:50 ~ 16:30	전기안전	김성철교수(충북대학교 안전공학과)
16:30 ~ 17:00	질의응답 및 평가(설문조사)	교육강사

2) 경기대학교

① 2016년도

- 연구활동종사자 온라인 안전교육
 - 온라인교육 시행 : 연구활동종사자 안전의식 향상 및 위험 인지능력 강화.
사고예방 및 대처법, 위험물 취급방법등(학기당 6시간, 2회)
 - 신규연구활동종사자 집합교육 : 법정 안전교육 이수
화학약품 안전, 소방안전 교육
- 연구활동종사자 건강검진
 - : 특수(7개 물질 사용자) 및 일반건강검진
- 실험·실습실 정기 안전점검
 - : 전기분야, 소방분야, 화학약품관리, 가스분야, 안전시설등.
- 실험·실습실 정밀 안전진단
- 실험·실습실 안전용품 배치, 안전시설 설치, 위험물 저장창고 신축.
 - : 방독면, 마스크, 내화장갑, 폐시약품통 등 실험실내 비치
 - : 흡휴드 보수, 비상샤워기, 밀폐형 시약장, 고압가스설비 등 설치.
 - : 위험물 저장창고 신축
 - : 고압가스 저장창고 신축.

② 2017년도

- 연구실 정기 안전점검.
 - : 정기안전점검(년 1회). 전기, 소방, 화학약품관리, 가스분야, 안전시설 점검.
- 연구실 정밀 안전진단.
 - 2017.10.19.(목) ~ 10.24(화)
 - 실험실습실 정밀안전진단, 실내 공기질 측정

- 중점점검사항
 - : 실험 전 일상점검 실시 및 안전관리 규정 비치여부
 - : 사전유해인자 위험분석 실시여부
 - : 실험실내 개인전열기 사용여부 및 콘센트 문어발식사용여부
 - : 화학물질 성상별 분리보관 상태 및 화학물질 경고표지 부착여부
 - : 인화물질 캐비닛 유해가스 제거장치 설치여부
 - : 물질안전보건자료(MSDS) 비치여부 및 오래된 시약 보관여부
 - : 비상 출입구 확보, 비상 유도표시 부착여부
 - : 실험실내 공기질 측정
 - : 기타 소방안전, 가스안전, 산업위생, 생물안전, 전기안전등.
- 과학기술분야 연구활동종사자 특수 및 일반건강검진 실시
 - : 2017.10.12. ~ 10.17
- “경기 안전체험 한마당” 행사실시
 - 2017.05.25. 12:30 ~ 17:00
 - 학생 스스로 자신의 건강과 안전을 지키는데 공감대를 형성하고 구성원들이 안전에 대한 이해와 의식 전환을 하기 위함.
 - : 화재대피 요령 체험훈련, 소화기 소화전 체험훈련, 심폐소생술 훈련, 지진체험차 운영 등
- 실험·실습실 안전 환경개선공사
 - 2017.04.19.~ 07.31
 - : 복도 비상샤워기 설치
 - : 밀폐형 환기식 시약장 구입.
 - : 인화물질 보관함 구입.
- 연구활동종사자 온라인 안전교육 및 안전 정보망 운영
 - 온라인 안전교육 시행
 - : 2017년 3월 ~ 2018년 2월(학기당 6시간 2회)
 - : 안전관리규정, 사고예방 및 대처법, 위험물 취급방법등
 - 신규 연구활동종사자 집합교육(년2회)
 - : 화학약품 안전, 소방안전, MSDS등.
- 연구실 화재대피 훈련 실시
 - : 연구 실험 중 화재 사고 발생시 초기소화, 신고, 대피훈련을 통한 인명피해를 예방하고 안전의식 고취(2017년 12월)

제 10장 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부	특기 사항
1	특허	무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치 및 그 방법	제주대학교		대한민국		2017.05.22	중복	
2	특허	소문개폐부를 구비한 꿀벌통	제주대학교		대한민국		2017.09.29	중복	
3	S/W	토종벌 정밀양봉을 위한 사물인 터넷 기반 원격실시간 모니터링 시스템용 기상데이터 수집 시스 템	제주대학교		대한민국		2018.01.29	단독	
4	논문	초고속 역전사 실시간 종합효소 연쇄반응을 이용한 한국산 낭충 봉아부패병 바이러스의 가장 빠 른 검출법	경기대학교	교신	Journal of Apiculture		2016.06	중복	
5	논문	한국형 낭충봉아부패병 바이러 스(kSBV)의 정의를 위한 새로운 SBV 유전자형의 제안	경기대학교	교신	Journal of Apiculture		2017.06	중복	

제 11장 기타사항

코드번호

D-13

○ 본 과제에서 공동 출원한 특허 4건의 내용을 기술하였음

1. 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치 및 그 방법

【서지사항】

【서류명】 특허출원서

【참조번호】 17559

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 제주대학교 산학협력단

【특허고객번호】 2-2004-016727-0

【대리인】

【명칭】 특허법인태웅

【대리인번호】 9-2012-100102-8

【지정된변리사】 강경찬

【발명의 국문명칭】 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치 및 그 방법

【발명의 영문명칭】 MONITORING DEVICE AND METHOD FOR BEEHIVE HAVING ATTACHING TYPE WEIGHTING MEASURING PART

【발명자】

【성명】 임윤규 도양희 김건 윤병수 조운상 박종진

【출원언어】 국어

【심사청구】 청구

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 112042-3

【부처명】 농림축산식품부

【연구관리 전문기관】 농림수산식품기술기획평가원

【연구사업명】 첨단생산기술개발사업

【연구과제명】 u-IT 융,복합기술 기반 양봉 질병 감시 및 조기대응 체계개발

【기여율】 4/10

【주관기관】 제주대학교 산학협력단

【연구기간】 2012.08.10 ~ 2015.08.09.

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 115102-3

【부처명】 농림축산식품부

【연구관리 전문기관】 농림수산식품기술기획평가원

【연구사업명】 첨단생산기술개발사업

【연구과제명】 IoT 상태모니터링 기술 기반 스마트양봉 시스템 구현 및 국가방역체계 적용

【기여율】 4/10

【주관기관】 제주대학교 산학협력단

【연구기간】 2015.12.28 ~ 2018.12.27.

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 115058-2

【부처명】 농림축산식품부

【연구관리 전문기관】 농림수산식품기술기획평가원

【연구사업명】 첨단생산기술개발사업

【연구과제명】 토종벌 정밀양봉을 위한 사물인터넷 기반 원격실시간 모니터링 시스템 개발

【기여율】 1/10

【주관기관】 제주대학교 산학협력단

【연구기간】 2015.12.18 ~ 2017.12.17.

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 115067-2

【부처명】 농림축산식품부

【연구관리 전문기관】 농림수산식품기술기획평가원

【연구사업명】 수출전략기술개발사업

【연구과제명】 뒤영벌 수출입을 위한 생물학적 검역 관련 기술들의 개발

【기여율】 1/10

【주관기관】 경기대학교 산학협력단

【연구기간】 2015.12.18 ~ 2017.12.17

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치 및 그 방법 {MONITORING DEVICE AND METHOD FOR BEEHIVE HAVING ATTACHING TYPE WEIGHTING MEASURING PART }

【기술분야】

본 발명은 꿀벌통에서 꿀벌의 생육 및 채집활동에 의한 무게 변화량에 대한 모니터링 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 유밀기 꿀벌의 방화활동에 의해 꿀벌통에 저장되는 벌꿀의 의한 무게의 변화량을 측정하여 수집된 무게데이터를 분석한 후 사용자에게 적절한 채밀시기를 권고함으로써 채밀시기를 정확하게 판단할 수 있도록 해주는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

일반적으로 양봉은 꿀과 화분, 로얄제리 등 다양한 산물을 얻기 위하여 인간이 경제적 목적으로 꿀벌을 사육하는 것으로서, 이러한 양봉에 사용되는 꿀벌통은 대략 합체 형상으로 구비되고 뚜껑에 의해 개폐되는 사각형상의 벌통 내에 삽탈이 가능한 다수의 벌집을 격판 형으로 구비하고 있다. 그리고, 꿀벌통의 전면에는 꿀벌들이 출입할 수 있는 출입문을 구비하고 있고, 꿀벌들은 벌통의 출입구를 통해 출입하면서 행동반경내의 꽃을 찾아 꽃속에 있는 꽃꿀을 먹이로 수집하여 벌통 내의 벌집에 존재하는 벌방에 저장하게 되며, 이 과정에서 채집된 벌꿀을 인간이 채취함으로써 꿀을 얻게 되는 것이었다.

꿀벌들이 꿀벌통에 저장한 꿀의 양에 따라 꿀벌통의 무게가 증가하게 되고, 일정한 정도 이상의 무게가 되면 꿀벌통에 저장된 꿀을 인위적으로 채취함으로써 채밀이 이루어지게 된다.

그런데, 이러한 종래의 꿀벌통에 있어서는, 꿀벌통의 무게 변화를 실시간으로 측정할 수 있는 별도의 수단이 존재하지 않으므로 채밀할 시기를 정확하게 판단하지 못함으로 인하여 결과적으로 적절한 채밀시기를 놓쳐 꿀의 생산량을 증대시키지 못한다는 문제점이 있다.

그리고, 종래의 무게측정장치의 경우에는 장치 위에 꿀벌통을 올려놓는 별개의 구조로서 꿀벌통의 위치이동시 개별적인 주의가 필요할 뿐 아니라, 강한 바람이나 관리를 위한 조작시 흔들림이 발생하고 이는 꿀벌의 생육에 악영향을 주는 문제점이 있다.

또한, 종래의 무게측정장치의 경우 그 구조가 중앙에 위치한 한 곳의 로드셀이 상부의 저울판을 지지하고 그 위에 양봉상이 올라가는 구조이기 때문에 무게측정장치 상부 패키징과 꿀벌통이 로드셀위에 떠있는 형상이며, 이러한 구조적 문제로 꿀벌통이 진자운동에 의하여 진

동이 발생하고 이는 꿀벌에게 자극과 스트레스를 주어 생육에 악영향을 준다.

아울러, 진동에 의한 자극은 진동에 민감한 꿀벌의 공격성을 증대시켜 작업자에게도 큰 위험을 주고 있으며, 무게측정부의 부피가 크므로 이를 제작하는 비용이 증가하는 단점 또한 존재하고, 꿀벌통을 이동할 경우에 서로 분리된 구조이기 때문에 센서판넬과의 분해와 조립 작업이 필요하므로 전기전문가의 도움이 필수적이라는 단점이 있다.

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

상기와 같은 점을 감안하여 안출한 본 발명의 목적은, 꿀벌통의 무게 변화를 모니터링하여 양봉가에게 정밀한 채밀시기를 결정할 수 있게 하여 양봉산업의 생산성을 증대시킬 수 있는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링장치 및 그 방법을 제공함에 있다.

또한, 도봉의 발생과 꿀벌통의 절도 및 야생동물의 침입 등의 정보를 알려줄 수 있는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치 및 그 방법을 제공함에 있다.

【과제의 해결 수단】

상기와 같은 본 발명의 목적을 달성하기 위한 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치는, 꿀벌통과; 상기 꿀벌통의 하부 후면에 안착되어 상기 꿀벌통의 하부지지대 역할과 무게 변화량을 측정하는 무게측정부와; 상기 무게측정부의 내부에 장착되어 상기 꿀벌통의 하중을 무게데이터로 측정하는 로드셀과; 상기 로드셀에서 측정한 상기 무게 데이터에 대한 정보를 감지하는 복수의 센싱보드와; 상기 복수의 센싱보드에서 감지한 정보를 수집 및 저장하는 게이트웨이 임베디드와; 상기 게이트웨이 임베디드에서 수집 및 저장된 정보를 일정 주기로 수신하여 데이터를 종합하는 메인서버를; 포함한 것을 특징으로 한다.

여기서, 상기 센싱보드는 감지센서와, 상기 감지센서에서 감지한 상기 꿀벌통의 무게에 대한 정보를 처리하는 엠씨유와, 상기 엠씨유에서 처리한 상기 정보를 상기 게이트웨이 임베디드로 송신하는 통신부와, 상기 엠씨유 측으로 전원을 공급하는 전원공급부를 포함할 수 있다.

그리고, 상기 통신부는 무선 통신 방식 또는 유선 통신 방식에 의하여 구동되도록 할 수 있다.

또한, 상기 전원공급부는 배터리, 상시전원 또는 태양전지에 의하여 상기 엠씨유 측으로 전원을 공급할 수 있다.

아울러, 상기 게이트웨이 임베디드는 상기 센싱보드에서 송신한 정보를 수신하는 수신부와, 상기 수신부로 수신된 정보를 처리하는 엠씨유와, 상기 엠씨유에서 처리한 상기 정보를 저장하는 저장부와, 상기 엠씨유 측으로 전원을 공급하는 전원공급부를 포함할 수 있다.

상기와 같은 본 발명의 목적을 달성하기 위한 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 방

법은, 상기 무게측정부 내부에 장착된 상기 로드셀에서 측정된 상기 꿀벌통의 무게 정보를 상기 센싱보드에서 감지하는 제1단계와; 상기 센싱보드에서 감지한 상기 무게 정보를 상기 센싱보드의 통신부를 이용하여 상기 게이트웨이 임베디드로 송신하는 제2단계와; 상기 통신부에서 송신한 정보를 상기 게이트웨이 임베디드의 상기 수신부에서 수신하는 제3단계와; 상기 게이트웨이 임베디드의 저장부에 상기 정보를 저장하는 제4단계를 포함할 수 있다.

여기서, 상기 제2단계는 각각의 센싱보드에 부여된 식별번호 정보를상기 무게 정보와 함께 송신하도록 할 수 있다.

그리고, 상기 제4단계는 상기 무게 정보를 상기 센싱보드에 부여된 식별번호 및 시간별로 상기 저장부에 저장하도록 할 수 있다.

또한, 상기 무게 정보는 설정시간에 상기 메인서버로 전송되어 저장되도록 할 수 있다.

아울러, 상기 센싱보드에서 감지한 무게 정보가 설정된 임계값 이상일 경우에 양봉가의 휴대폰으로 문자메시지가 발송되도록 할 수 있다.

【발명의 효과】

이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명에 의한 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치 및 방법은, 꿀벌통의 무게를 효율적으로 모니터링 하여 채밀시기를 정확하게 파악함으로써 꿀의 획득량을 증대시킬 수 있는 효과가 있으며 종래의 무게측정부에서 발생하는 구조적 문제로 인한 흔들림을 효과적으로 억제할 뿐만 아니라 꿀벌통과 일체형으로 구성되어 있기 때문에 설치 및 적용이 간편하다는 효과가 있다.

또한, 구조가 간단하여 종래의 무게측정 장치에 비해 제조공정이 간편하며 부피가 감소하였고 그에 따른 하우스 제작비용의 감소로 단가절감의 효과가 있다.

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 모니터링 방법의 대상이 되는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통 모니터링 장치의 구조를 도시한 사시도이고,도 2는 꿀벌통이 분리된 무게측정부와 센싱보드를 도시한 사시도이며,도 3의 센싱보드의 구조를 도시한 평면도이고,도 4는 도 3의 센싱보드의 구조를 도시한 평면도이며,도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 부착형 무게측정부를 구비한 벌꿀통의모니터링 방법을 순차적으로 기재한 작동도이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

사육상의 중량은 채밀의 시기와 수밀량을 가늠하는데 유용한 지표가 된다. 또한, 사육상의 중량은 생육활동의 왕성한 정도를 보여주므로 전체 봉군의 세력을 짐작하는데 중요한 참고자료가 될 수 있을 것이다.

중량의 급격한 변동은 도봉의 발생이나 외부 야생동물의 침입 등의 비상상황의 발령에도 유용한 지표가 된다. 특히 양봉농가의 입장에서는 채밀의 시기와 수밀량의 가늠, 그에 따른

채밀시기의 결정 혹은 채밀 후의 사료 투입 결정등, 생산성에 직접적인 영향을 미치게 된다.

현재 스마트 양봉 시스템에 적용된 전자저울의 저울판 위에 양봉상을 고정시킬 경우 바람이나 미세한 조작에 의해서도 전, 후, 좌, 우로 지속적인 흔들림이 발생하는 것으로 확인되었다.

흔들림이 발생하는 이유는, 1점에 해당하는 저울판과 전자저울 내부중앙의 로드셀이 연결 부위가 넓은 면적을 가지는 양봉상을 안정적으로 받칠 수 없는 구조로 되어있기 때문으로 분석되었다. 저울판의 흔들림은 양봉상이 흔들림을 의미하고, 양봉상이 흔들림으로 인해 안정적이어서 할 꿀벌의 생육환경에 좋지 않는 영향을 미치어 꿀벌에게 스트레스를 줄 수 있고 꿀벌의 공격성을 높여 작업자의 안전에도 위협을 초래할 수 있다.

이러한 이유로 흔들림을 방지할 수 있는 사육상 무게 측정 장치를 개발하는 것은 흔들림에 관련된 생육환경을 평상시와 다름없이 유지시켜 줌과 동시에 사육상 무게 변화를 측정할 수 있기 때문에 매우 중요한 의미를 갖는다.

이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 부착형 무게측정부를 구비한 벌꿀통의 모니터링 장치 및 그 방법을 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 모니터링 방법의 대상이 되는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통 모니터링 장치의 구조를 도시한 사시도이고, 도 2는 꿀벌통이 분리된 무게측정부와 센싱보드를 도시한 사시도이며, 도 3의 센싱보드의 구조를 도시한 평면도이고, 도 4는 도 3의 센싱보드의 구조를 도시한 평면도이며, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 부착형 무게측정부를 구비한 벌꿀통의 모니터링 방법을 순차적으로 기재한 작동도이다.

이들 도면에 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치는, 꿀벌통(100)과; 상기 꿀벌통(100)이 하부 후방에 안착되어 상기 꿀벌통(100)의 하부 지지대 역할을 수행함과 동시에 무게를 측정하는 무게측정부(200)와; 상기 무게측정부(200)의 내부에 장착되어 상기 무게를 측정하는 로드셀(220)과; 상기 로드셀(220)에서 측정된 상기 무게 데이터에 대한 정보를 감지하는 복수의 센싱보드(500)와; 상기 복수의 센싱보드(500)에서 감지한 정보를 수집 및 저장하는 게이트웨이 임베디드(600)와; 상기 게이트웨이 임베디드(600)에서 수집 및 저장된 정보를 일정 주기로 수신하여 데이터를 종합하는 메인서버(700)를 포함하여 구성되어 있다.

꿀벌통(100)은 합체 형상으로 형성되고 뚜껑에 의해 개폐되는 사각형상의 벌통 내에 삽탈이 가능한 다수의 벌집이 격판 형으로 배치된 구조를 갖는다.

또한, 종래의 꿀벌통과 다르게 하부 지지대가 가로로 되어 있으며 전방의 하부 지지대는 단순한 지지대 역할을 수행하고 후방의 하부 지지대는 무게측정부(200)로 구성된다.

무게측정부(200)는 꿀벌들이 꿀벌통(100)에 저장하는 꿀의 양에 따라 증가하는 꿀벌통(100)의 무게를 실시간으로 측정하기 위한 수단으로, 각각의 꿀벌통(100)의 하측에 배치되어 꿀벌통(100)의 변화하는 무게를 실시간으로 측정하는 역할을 하며 후방 지지대 역할도 동시에 수행한다.

현재 스마트 양봉 시스템에 적용된 전자저울의 경우 중앙에 위치한 한 곳의 로드셀로 구성된 저울판위에 양봉상이 올라가는 구조이기 때문에 흔들림을 효과적으로 제어할 수가 없다. 이 문제를 해결하기 위해 무게 측정 장치를 양봉상의 하단부에 탁착 가능하 형태로 고정하는 구조를 제안하였고 하중 테스트를 통해 이를 검증하였다.

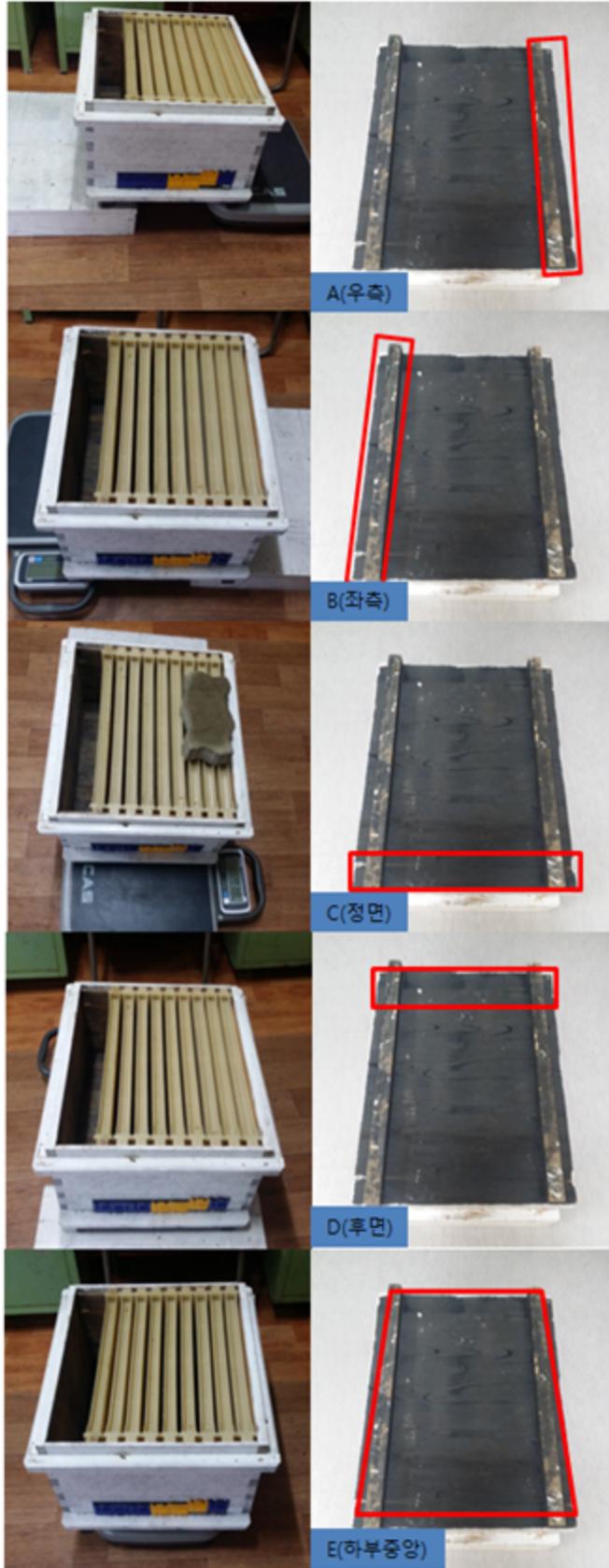
흔들림을 방지하는 주요 기전은 꿀벌사육상의 하중을 3곳의 포인트로 지지하되, 2곳은 사육상의 고정된 받침대가 지지하고 1곳은 로드셀이 지지하며 무게를 센싱하는 원리가 사용된다.

이러한 구조의 경우 하중이 3각형으로 배치되므로 안정적인 사육상의 정립이 가능하며, 무게의 변동에 따른 로드셀의 부하량은 적당한 팩터를 대입해주기만 하면 되기 때문에 사육상 무게변동의 정확한 측정이 가능하다.

무게 측정장치가 양봉상의 하단부에 설치되어 있다고 가정했을 때, 아래 그림과 같이 4개의 위치에 무게 측정장치가 설치될 수 있다. A위치는 양봉상의 소문을 기준으로 우측 하단을 의미하고, B위치는 소문을 기준으로 좌측 하단을 의미한다. C위치는 소문 위치로 전방을 의미하고, D위치는 소문을 기준으로 반대편인 후방을 의미한다.

여기에 하부 정중앙이 정확히 저울판 위에 있는 위치를 하부중앙이라고 하고, 여기서 측정되는 무게를 기준 값으로 삼는다. 그리고 각 A~D 위치에서 무게의 변화량을 측정하여 기준값과 비교하여 무게측정 장치가 위치할 최적의 위치를 실험하였다.

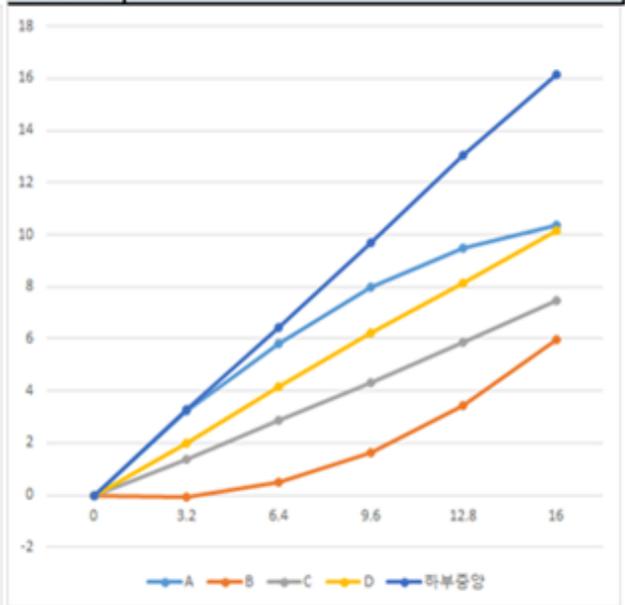
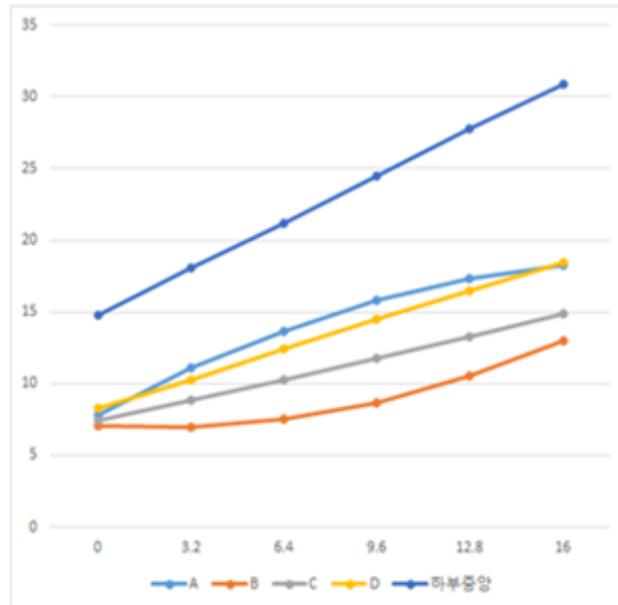
양봉상에 3.2kg을 갖는 무게추(벽돌)를 소문기준으로 우측(A위치)부터 하나씩 증가시켰을 때 하부중앙 위치를 포함한 모든 위치에서 무게의 변화량을 측정하였다. 우측(A위치)부터 무게추를 추가한 이유는 양봉상 내부의 소비가 꿀벌에 생육권의 확대에 의해 채워지는 위치와 동일하게 하기 위함이다.



상술한 바와 같은 테스트에 대한 결과를 분석해 보면 다음과 같다.

하단의 표는 양봉상의 무게가 14.76kg이고, 3.2kg의 무게추를 하나씩 증가시킬 때의 하부 중량을 포함한 각각의 측정 위치에서 측정된 무게를 의미하고, 다음 우측표는 각각의 위치에서 측정된 양봉상 무게를 제거했을 때 나타난 값으로 무게추의 변화량을 의미한다.

추가무게	무게측정 장치의 위치					추가무게	무게측정 장치의 위치				
	A	B	C	D	하부중량		A	B	C	D	하부중량
0	7.86	7.04	7.44	8.3	14.76	0	0	0	0	0	
3.2	11.08	6.98	8.84	10.28	18.04	3.22	-0.06	1.4	1.98	3.28	
6.4	13.68	7.56	10.3	12.44	21.18	5.82	0.52	2.86	4.14	6.42	
9.6	15.86	8.68	11.76	14.52	24.44	8	1.64	4.32	6.22	9.68	
12.8	17.36	10.5	13.32	16.44	27.8	9.5	3.46	5.88	8.14	13.04	
16	18.24	13	14.92	18.46	30.9	10.38	5.96	7.48	10.16	16.14	
양봉상무게	7.86	7.04	7.44	8.3	14.76						



변화량 그래프인 좌측 그래프를 보면 A위치의 그래프는 무게추가 적을 때 기준무게와 동일하게 증가하다가 증가량이 점점 감소하고 있는 것이 보이고, B위치의 그래프는 이와 반대로 처음 무게량이 변화가 없다가 점점 기준무게와 동일한 값으로 증가하고 있음을 보인다.

이것은 실제 꿀벌이 소비에 꿀을 저장할 때와 봉세의 확장이 A위치부터 시작한다는 것을 고려했을 때 B위치보다는 A위치가 실제 무게 무게변화량에 가깝게 변화하고 있음을 의미한다.

그러나, A의 경우 생육권에서 멀리 있는 곳의 무게가 과소평가되며 B는 반대로 생육권에서 가까운 곳의 무게가 과소평가되는 문제가 존재한다. C와 D위치의 경우 무게 변화량이 실제 무게변화량과 비슷하게 일정하게 변하고 있음을 확인할 수 있으나, 실제 변화량의 1/2 크기에서 변화하고 있음이 보인다.

이 문제는 향후 SW와 HW 보정을 통해서 해결이 가능할 것으로 판단된다. 이러한 결과를

보았을 때 무게측정 장치가 위치할 최적의 위치는 D위치임을알 수 있다.

상기 결과분석에 따라 기존 양봉상의 소문 기준 후면 하단부 위치(D위치)에 무게 측정장치를 설치하여, 해당 위치의 하단 받침대를 제거하고 동일한 크기의 무게 측정장치를 구성하여 설치하는 방법이 있다.

이는 하단그림에 나타나있다. 여기서 한 가지 고려해야 할 점은 대부분의 양봉농가에서는 소문쪽 위치를 낮게 잡고 소문 후방쪽 위치를 살짝 높게 잡아 경사를 만들어 비가 올 경우, 양봉상 내부로 들어온 물을 소문을 통해 자연적으로 배출되도록 양봉상을 설치하고 있다.

이를 고려한다면 새로운 무게 측정장치를 설치하였다 하더라도 소문후방쪽 높이를 약간 높이는 작업이 추가되어야 한다. 따라서, 소문을 기준으로 좌측 우측에 있는 하단 받침대의 위치를 소문과 소문 후방 쪽에 위치하도록 변경하고소문 후방쪽의 하단 받침대를 대신하여 무게측정장치가 위치하도록 한다면 자동적으로 소문쪽으로 내부의 물이 배출될 수 있도록 할 수 있다.

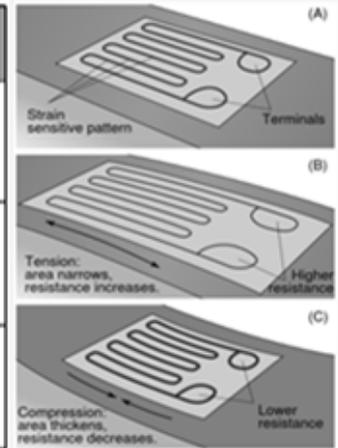


한편, 로드셀(220)은 무게측정부(200)내부에 위치하며 꿀벌통(100)의 하중을 일정한 데이터로 측정할 수 있도록 'ㄷ'자 형태로 구비되어있다.

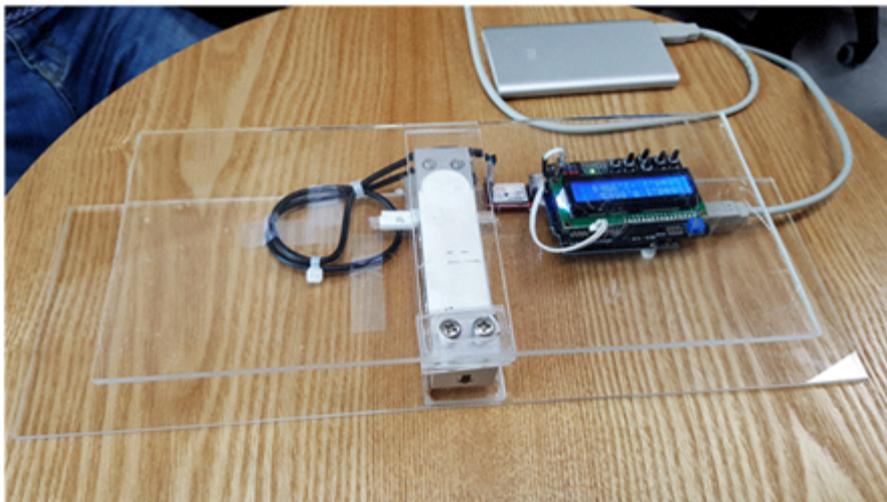
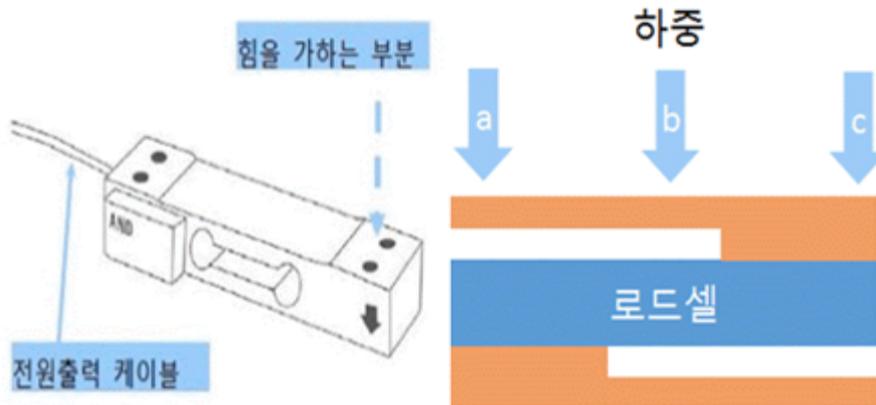
무게 측정장치의 핵심 부품인 이러한 로드셀(200)은 무게를 측정하기 위한 센서로, 로드셀(200)에 무게 혹은 힘이 가해지면 내부의 스트레인 게이지가 변형하게 되고 변형율에 따라 저항값이 바뀌고 여기어 오차 보정을 하여 일반적으로 많이 사용하는 kg단위의 무게로 변환한다.

로드셀(200)은 하단의 표와 그림처럼 3가지 상태를 가진다. 변형이없는 상태는 무게가 0인 상태와 동일하고 늘어난 변형은 무게가 증가하고 있음을의미하고, 줄어든 변형은 무게가 감소하고 있음을 의미한다.

항목	상태	분석내용
A	변형이 없는 상태	평상시의 변형이 없는 상태 저항값의 변화가 없음
B	늘어나는 변형	변형이 인장형으로 늘어나게 되는 상태 저항값이 점점 증가함
C	줄어드는 변형	변형이 압축형으로 줄어들게 되는 상태 저항값이 점점 감소하게 됨



일반적인 범위의 무게(수kg~수십kg)를 측정하기 위해서 많이 사용되는 로드셀은 다음의 그림처럼 바 형태(Bar-Type)를 가지고, 하중이 스트레인 게이지에 변형을 잘 반영될 수 있도록 다음의 그림에 도시한 바와 같은 변형 구조를 가지게 된다.



센싱보드(500)는 꼴벌통(100) 내부에 벌집틀 형태로 구비되어 탈착이 가능하고 무게측정부

(200)에서 측정된 데이터를 처리, 전송하는 역할을 한다.

이러한 센싱보드(500)는 무게 정보를 감지하는 감지 센서(510)와, 감지 센서(510)에서 감지한 무게 정보를 처리하는 엠씨유(520)와, 엠씨유(520)에서 처리한 상기 무게 정보를 게이트웨이 임베디드(600)로 송신하는 통신부(530)와, 엠씨유(520) 측으로 전원을 공급하는 전원공급부(540)를 포함하여 구성되어 있다.

감지 센서(510)는 센싱보드(500)의 판면에 설치되어 전원공급부(540)로부터 전원을 공급받아 상기 무게 정보를 감지하는 역할을 하며, 엠씨유(520)는 전원공급부(540)로부터 전원을 공급받아 감지 센서(510)에서 감지한 정보를 처리하는 역할을 한다.

통신부(530)는 무선 통신 방식 또는 유선 통신 방식에 의하여 감지센서(510)에서 감지된 정보를 게이트웨이 임베디드(600) 측으로 송신하게 된다.

그리고, 전원공급부(540)는 배터리, 상시전원 또는 태양전지에 의하여 엠씨유(520) 측으로 전원을 공급하도록 할 수 있다.

게이트웨이 임베디드(600)는 센싱보드(500)에서 송신한 정보를 수신하는 수신부(610)와, 수신부(610)로 수신된 정보를 처리하는 엠씨유(620)와, 엠씨유(620)에서 처리한 상기 정보를 저장하는 저장부(630)와, 엠씨유(620) 측으로 전원을 공급하는 전원공급부(640)를 포함하여 구성되어 있다.

수신부(610)는 센싱보드(500)의 통신부(530)와 무선 통신 방식 또는 유선 통신 방식에 의하여 연결됨으로써 감지 센서(510)에서 감지한 정보를 수신하는 역할을 한다.

그리고, 엠씨유(620)는 수신부(610)에서 수신한 정보를 처리하는 역할을 하며, 전원공급부(640)는 엠씨유(620) 측으로 전원을 공급하게 되는데, 센싱보드(500)에 구비된 전원공급부(540)와 마찬가지로 배터리, 상시전원 또는 태양전지 중 어느 하나로 구성될 수 있다.

이러한 구성을 갖는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통을 모니터링 방법을 도 5를 참조하여 설명하면 다음과 같다.

도 5에 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통을 모니터링 방법은 감지 센서(510)를 이용하여 무게측정부(200)에서 측정된 무게 정보를 감지하는 제1단계와, 감지 센서(510)에서 감지한 무게 정보를 센싱보드(500)의 통신부(530)를 이용하여 게이트웨이 임베디드(600)로 송신하는 제2단계와, 통신부(530)에서 송신한 정보를 게이트웨이 임베디드(600)의 수신부(610)에서 수신하는 제3단계와, 게이트웨이 임베디드(600)의 저장부(630)에 상기 무게정보를 저장하는 제4단계를 포함하여 구성된다.

감지 센서(510)는 무게측정부(200)에서 측정되는 무게 정보를 실시간으로 감지하며, 감지된 무게 정보는 엠씨유(520)에서 처리된다.

그리고, 엠씨유(520)에서 처리된 정보는 통신부(530)를 통하여 게이트웨이 임베디드(600)로 송신하게 되는데, 이때 각각의 센싱보드(500)에 부여된 식별번호 정보를 상기 무게 정보와 함께 송신하는 것이 바람직하다.

통신부(530)에서 발신된 정보는 게이트웨이 임베디드(600)의 수신부(610)에서 센싱보드(500)

에 부여된 식별번호와 함께 수신하게 되며, 수신된 정보는 저장부(630)에 저장하게 된다.

이때, 상기 무게 정보를 센싱보드(500)에 부여된 식별번호 및 시간별로 저장부(630)에 저장하는 것이 바람직한데, 이는 감지 센서(510)들의 위치에 따른 무게 정보를 파악함과 동시에 시간에 따른 무게 정보를 파악함으로써 채밀 시기가 된 꿀벌통(100)의 위치 및 채밀을 해야 할 시간을 양봉자에게 알리기위함이다.

그리고, 이러한 무게 정보는 설정시간에 메인서버(700)로 전송되어 저장하게 되며, 감지 센서(510)에서 감지한 무게 정보가 엠씨유(620)에 설정된 임계값 이상일 메인서버(700)로 알람을 전송하게 되면, 메인서버(700)에서는 해당 알람을 양봉가의 휴대폰으로 문자메시지가 발송되도록 하거나 양봉가의 휴대폰에 기설치된 앱을 통해 알람 메시지가 송신되도록 함으로써 실시간으로 측정된 꿀벌통(100)의 무게 정보에 따라 채밀이 이루어지도록 함으로써 벌꿀의 획득량을 증대시킬 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

상술한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명의 일 실시예에 따른 부착형무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 방법은 꿀벌통의 무게를 효율적으로 모니터링 하여 채밀 시기를 정확하게 파악함으로써 꿀의 획득량을 증대시킬 수 있다.

이상은 본 발명에 의해 구현될 수 있는 바람직한 실시예의 일부에관하여 설명한 것에 불과하므로, 주지된 바와 같이 본 발명의 범위는 위의 실시예에 한정되어 해석되어서는 안 될 것이며, 위에서 설명된 본 발명의 기술적 사상과 그 근본을 함께 하는 기술적 사상은 모두 본 발명의 범위에 포함된다고 할 것이다.

【부호의 설명】

100 : 꿀벌통 200 : 무게측정부
210 : 상단하우징 220 : 로드셀
230 : 하단하우징 500 : 센싱보드
520 : 엠씨유 530 : 통신부
540 : 전원공급부 600 : 게이트웨이 임베디드
610 : 수신부 620 : 엠씨유
630 : 저장부 640 : 전원공급부
700 : 메인서버

【청구범위】

【청구항 1】

꿀벌통(100)과; 상기 꿀벌통(100)의 하부 후면에 안착되어 상기 꿀벌통(100)의 하부 지지대 역할과 무게변화량을 측정하는 무게측정부(200)와; 상기 무게측정부(200)의 내부에 장착되어 상기 꿀벌통(100)의 하중을 무게데이터로 측정하는 로드셀(220)과; 상기 로드셀(220)에서 측

정한 상기 무게 데이터에 대한 정보를 감지하는 복수의 센싱보드(500)와; 상기 복수의 센싱보드(500)에서 감지한 정보를 수집 및 저장하는 게이트웨이 임베디드(600)와; 상기 게이트웨이 임베디드(600)에서 수집 및 저장된 정보를 일정 주기로 수신하여 데이터를 종합하는 메인서버(700)를; 포함한 것을 특징으로 하는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 센싱보드(500)는 감지센서(510)와, 상기 감지센서(510)에서 감지한 상기 꿀벌통(100)의 무게에 대한 정보를 처리하는 엠씨유(520)와, 상기 엠씨유(520)에서 처리한 상기 정보를 상기 게이트웨이 임베디드(600)로 송신하는 통신부(530)와, 상기 엠씨유(520) 측으로 전원을 공급하는 전원공급부(540)를 포함한 것을 특징으로 하는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치.

【청구항 3】

제2항에 있어서, 상기 통신부(530)는 무선 통신 방식 또는 유선 통신 방식에 의하여 구동되는 것을 특징으로 하는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치.

【청구항 4】

제3항에 있어서, 상기 전원공급부(540)는 배터리, 상시전원 또는 태양전지에 의하여 상기 엠씨유(520) 측으로 전원을 공급하는 것을 특징으로 하는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치.

【청구항 5】

제3항에 있어서, 상기 게이트웨이 임베디드(600)는 상기 센싱보드(500)에서 송신한 정보를 수신하는 수신부(610)와, 상기 수신부(610)로 수신된 정보를 처리하는 엠씨유(620)와, 상기 엠씨유(620)에서 처리한 상기 정보를 저장하는 저장부(630)와, 상기 엠씨유(620)측으로 전원을 공급하는 전원공급부(640)를 포함한 것을 특징으로 하는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치.

【청구항 6】

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 따른 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 방법으로서, 상기 무게측정부(200) 내부에 장착된 상기 로드셀(220)에서 측정된 상기 꿀벌통(100)의 무게 정보를 상기 센싱보드(500)에서 감지하는 제1단계와; 상기 센싱보드(500)에서 감지한 상기 무게 정보를 상기 센싱보드(500)의 통신부(530)를 이용하여 상기 게이트웨이 임베디드(600)로 송신하는 제2단계와; 상기 통신부(530)에서 송신한 정보를 상기 게이트웨이 임

베디드(600)의 상기수신부(610)에서 수신하는 제3단계와; 상기 게이트웨이 임베디드(600)의 저장부(630)에 상기 정보를 저장하는 제4단계를; 포함한 것을 특징으로 하는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링방법.

【청구항 7】

제6항에 있어서, 상기 제2단계는 각각의 센싱보드(500)에 부여된 식별번호 정보를 상기 무게정보와 함께 송신하는 것을 특징으로 하는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 방법.

【청구항 8】

제7항에 있어서,상기 제4단계는 상기 무게 정보를 상기 센싱보드(500)에 부여된 식별번호 및 시간별로 상기 저장부(630)에 저장하는 것을 특징으로 하는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 방법.

【청구항 9】

제8항에 있어서,상기 무게 정보는 설정시간에 상기 메인서버(700)로 전송되어 저장되는 것을 특징으로 하는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 방법.

【청구항 10】

제7항에 있어서,상기 센싱보드(500)에서 감지한 무게 정보가 설정된 임계값 이상일 경우에 양봉가의 휴대폰으로 문자메시지가 발송되는 것을 특징으로 하는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 방법.

【요약서】

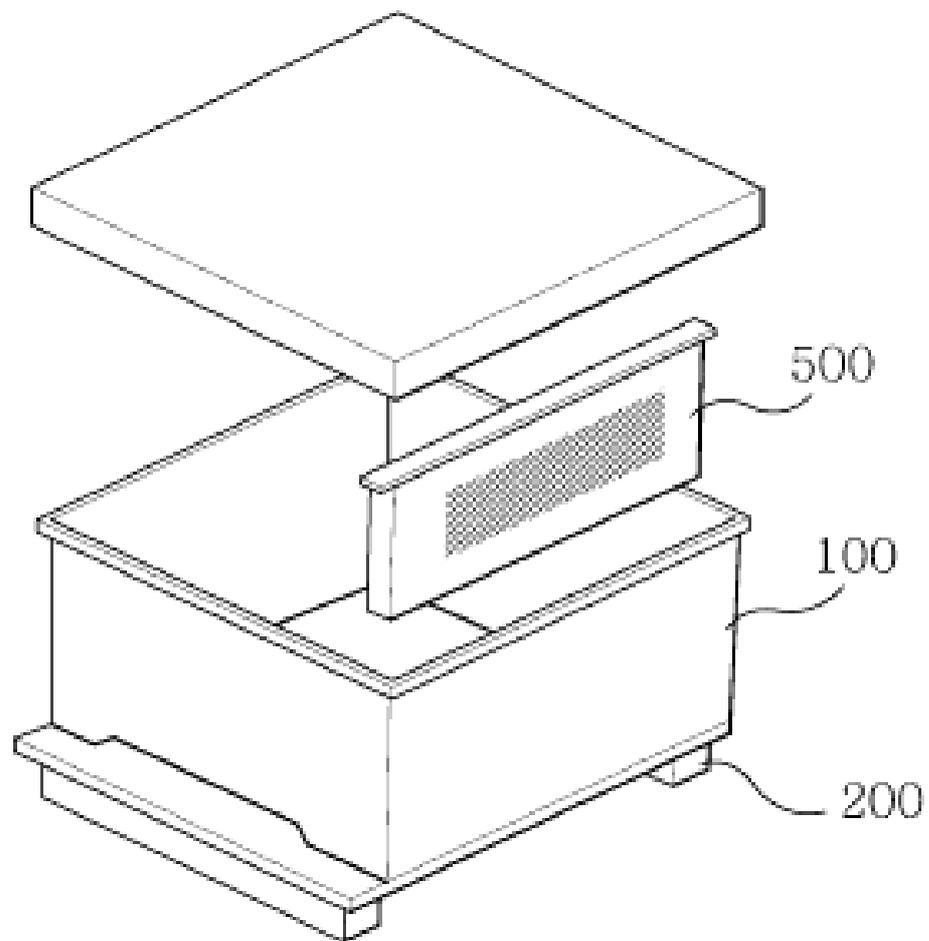
【요약】

본 발명은 꿀벌통의 무게를 효율적으로 모니터링 하여 채밀 시기를 정확하게 파악할 수 있는 부착형 무게측정부를 구비한 꿀벌통의 모니터링 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 일정한 수용공간을 구비하고 하부 일측에 소문이 절개 형성되며 상면이 개구 형성된 하우징과; 상기 하우징의 절개 형성된 상면을 선택적으로 개폐하도록 상기 하우징의 상면에 설치되는 상부커버와; 꿀벌의 생육환경을 인위적으로 조절하기 위하여 상기 소문의 개폐량을 조절할 수 있도록 하는 소문개폐부와; 무선통신을 통하여 상기 소문개폐부를 구동시킬 수 있도록 하는 통신부를 포함하여 구성됨으로써, 꿀벌통의 무게를 효율적으로 모니터링 하여 채밀 시기를 정확하게 파악함으로써 꿀의 획득량을 증대시킬 수 있는 효과가 있으며 종래의 무게측정부에서 발생하는 구조적 문제로 인한 흔들림을 효과적으로 억제할 뿐만 아니라 꿀벌통과 일체형으로 구성되어 있기 때문에 설치 및 적용이 간편하다는 효과가 있다.

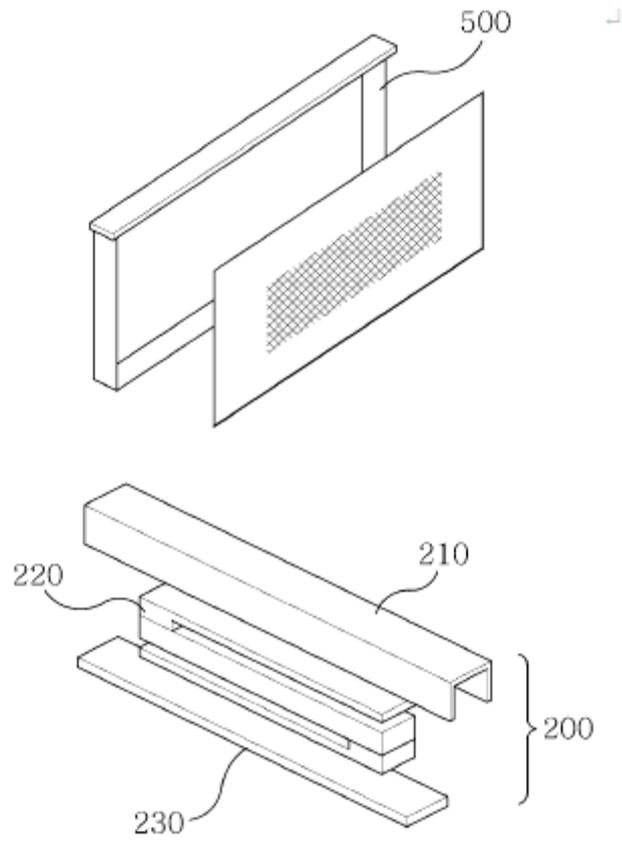
【대표도】

【도면】

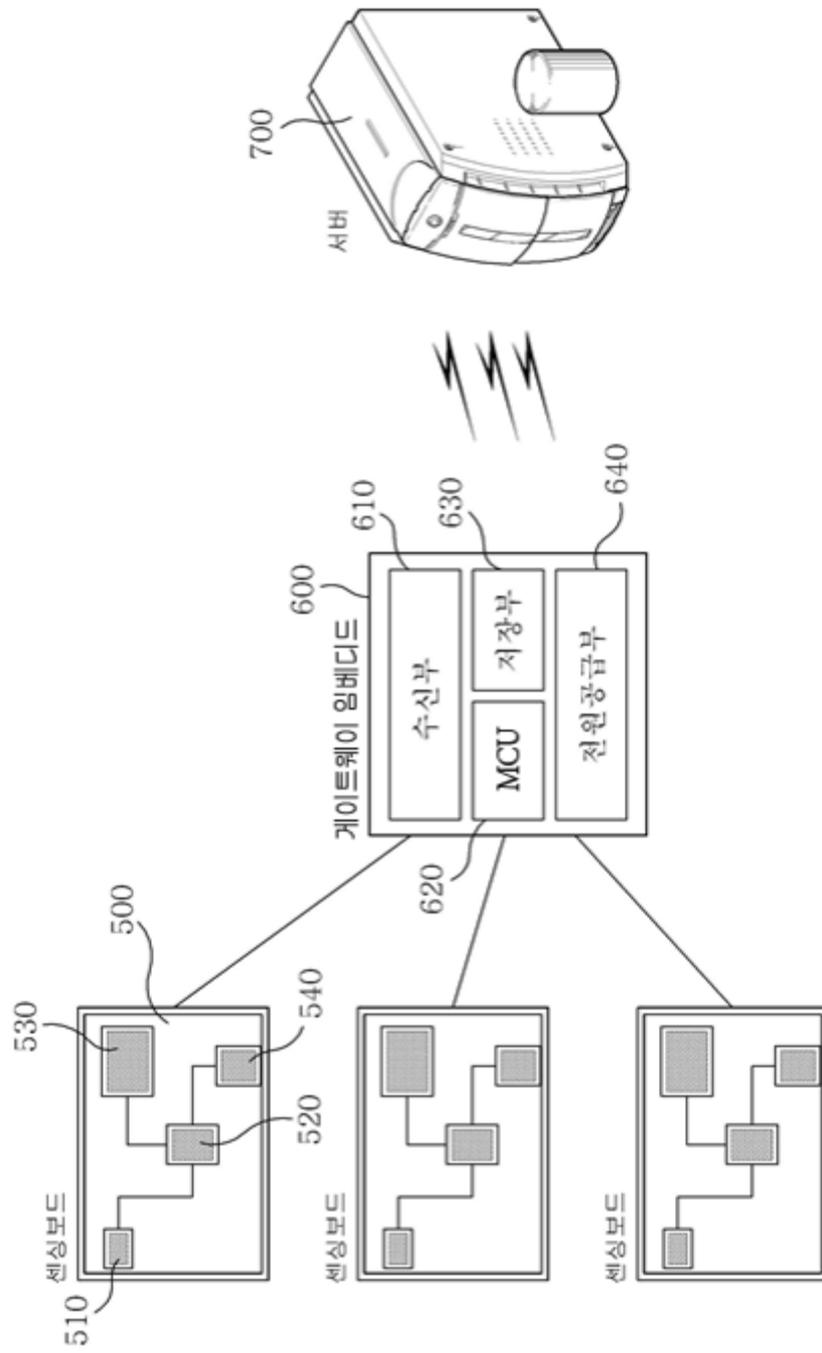
【도 1】



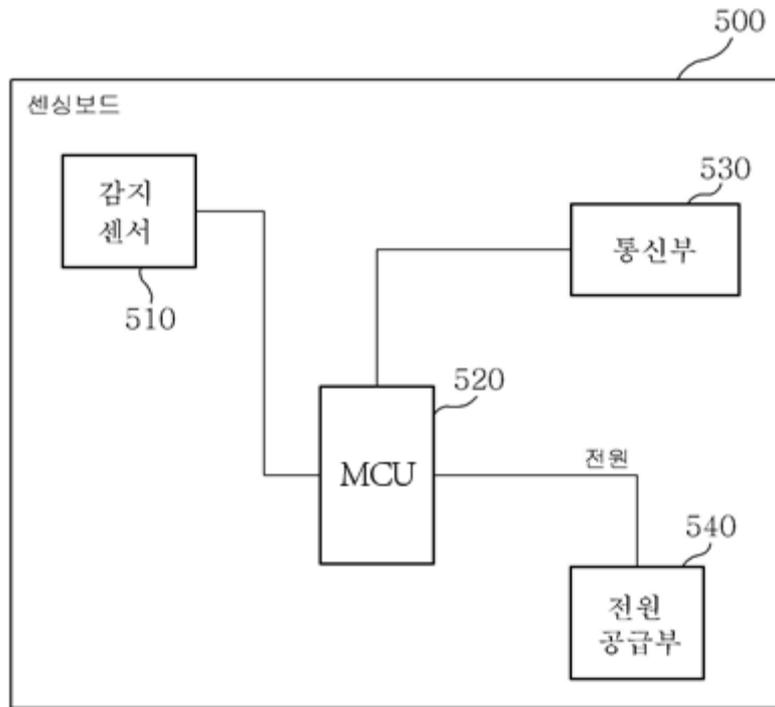
【도 2】



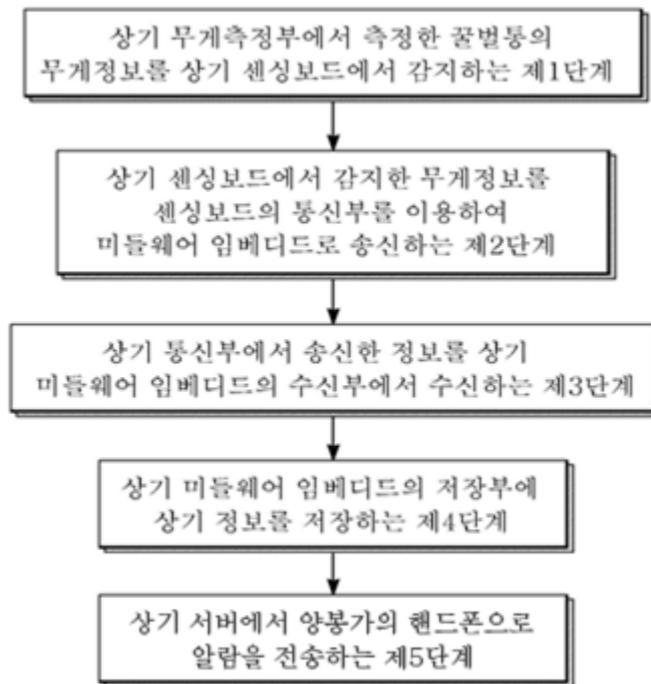
【도 3】



【도 4】



【도 5】



2. 자동환기장치를 구비한 꿀벌통

【서지사항】

【서류명】 특허출원서

【참조번호】 17560

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 제주대학교 산학협력단

【특허고객번호】 2-2004-016727-0

【대리인】

【명칭】 특허법인태웅

【대리인번호】 9-2012-100102-8

【지정된변리사】 강경찬

【발명의 국문명칭】 자동환기장치를 구비한 꿀벌통

【발명의 영문명칭】 BEEHIVE HAVING AUTOMATIC VENTILATING DEVICE

【발명자】

【성명】 임윤규 도양희 김건 윤병수 조운상 박종진

【출원언어】 국어

【심사청구】 청구

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 115102-3

【부처명】 농림축산식품부

【연구관리 전문기관】 농림수산식품기술기획평가원

【연구사업명】 첨단생산기술개발사업

【연구과제명】 IoT 상태모니터링 기술 기반 스마트양봉 시스템 구현 및 국가방역체계 적용

【기여율】 7/10

【주관기관】 제주대학교 산학협력단

【연구기간】 2015.12.28 ~ 2018.12.27

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 115058-2

【부처명】 농림축산식품부

【연구관리 전문기관】 농림수산식품기술기획평가원

【연구사업명】 첨단생산기술개발사업

【연구과제명】 토종벌 정밀양봉을 위한 사물인터넷 기반 원격실시간 모니터링 시스템 개발

【기여율】 2/10

【주관기관】 제주대학교 산학협력단

【연구기간】 2015.12.18 ~ 2017.12.17.

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 115067-2

【부처명】 농림축산식품부

【연구관리 전문기관】 농림수산식품기술기획평가원

【연구사업명】 수출전략기술개발사업

【연구과제명】 뒤영벌 수출입을 위한 생물학적 검역 관련 기술들의 개발

【기여율】 1/10

【주관기관】 경기대학교 산학협력단

【연구기간】 2015.12.18 ~ 2017.12.17

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

자동환기장치를 구비한 꿀벌통 {BEEHIVE HAVING AUTOMATIC VENTILATING DEVICE}

【기술분야】

본 발명은 꿀벌통에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 온습도 센서가 소비 형태로 꿀벌통에 용이하게 구비되도록 할 뿐만 아니라 설정한 온도 값의 임계치를 초과하여 분봉열이 발생되기 전에 자동으로 센서 디바이스 상단에 자동개폐장치가 개방되어 꿀벌을 안정적으로 생육할 수 있도록 과열을 방지하여 내부 환경을 제어하는 자동환기장치를 구비한 꿀벌통에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

동절기를 지낸 여왕벌의 조기산란을 유도하고 출방한 일벌들이 빨라진 개화기에 맞추어 짧은 기간 안에 채밀자격군으로 육성되기 위해서는, 변덕스러운 봄철의 기후에도 꿀벌들이 안정적으로 성장할 수 있도록 꿀벌통 내부의 온도, 습도를 꿀벌들의 생육상태에 알맞게 스스로 조절하고 유지함으로써 봉구온도를 동태온도로 유지해 준다.

지역에 따라 다소 차이는 있겠으나 일반적으로 꿀벌들은 봉구의 온도가 35℃에서 $\pm 1\sim 2\text{℃}$ 전후일 때를 동태온도라 하여 산란활동과 육아활동이 가장 활발한 것으로 알려져 있다.

꿀벌은 가축 중에서 가장 작은 냉혈동물이며, 적외선 카메라로 관찰한 바에 의하면 가슴 부분을 벽에 밀착시킨 후 비행근육을 이용하여 발열을 한다.

사육상 내부가 고온이 될 경우 여왕벌은 산란을 중지하고 일벌은 모든 활동을 중지한다. 그리고 날개의 선풍을 이용하여 사육상 내부의 온도를 낮추는 작업을 한다. 벌의 개체수가 늘어나 사육상 내부가 좁아지면 꿀벌의 종족번식의 본능에 의해 봉군의 분봉은 필연적으로 나타난다.

이처럼 사육상이 좁아졌을 때 분봉하고자 하는 증세를 분봉열이라고 하는데, 분봉열이 발생하면 상대적으로 꿀의 채집이 줄어들기 때문에 양봉농가로서는 손실이 발생하게 된다.

따라서, 분봉열이 발생할 경우 이를 미리 감지하여 여러 가지 조치를 통해서 환경을 조절하는 것이 매우 중요하다.

이러한 이유로 유밀기의 온도변화의 감지는 매우 중요하며, 벌이 동태온도를 유지하기 위한 활동으로 인해 채집활동이 줄어드는 것을 방지하는 것도 매우 중요하다.

그러므로, 꿀벌들이 생활하고 있는 꿀벌통 내부의 온도 및 습도를 정확하게 측정하여 이를 인위적인 조치를 통하여 조절, 제어해주어 꿀벌들이 최적의 상태에서 산란활동 및 채밀 활동을 할 수 있도록 하는 것이 양봉에 있어서 중요한 요인으로 작용한다.

또한, 사육상 내의 고열에 의하여 분봉열이 일어나면 벌들의 손실과 저축된 꿀의 손실로 말미암아 양봉가로서는 매우 큰 손실이 일어난다. 그러므로 실제 양봉농가에서는 유밀기 및 하절기에 벌통 내부의 열을 방출하기 위하여 개포의모서리를 접어 환기구를 만들어주거나, 그물망 형태의 프로폴리스망을 이용하기도한다. 개포의 모서리를 접는 방법은 아침과 저녁, 그리고 밤에는 보온을 위해 개포를 다시 덮어야 하고, 이는 양봉농가에서 꾸준한 관심과 인력을 집중되도록 해야한다는 문제점이 있다.

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

상기와 같은 점을 감안하여 안출한 본 발명의 목적은 꿀벌이 안정적으로 생육될 수 있도록 하여 꿀의 획득량을 증대시킴으로써 효율적인 양봉이 가능하도록 할 수 있는 자동환기장

치를 구비한 꿀벌통을 제공함에 있다.

【과제의 해결 수단】

상기와 같은 본 발명의 목적을 달성하기 위한 자동환기장치를 구비한 꿀벌통은, 일정한 수용공간을 구비하고 하부 일측에 소문이 절개 형성되며 상면이 개구 형성된 하우징과; 상기 하우징의 절개 형성된 상면을 선택적으로 개폐하도록 상기 하우징의 상면에 설치되는 상부커버와; 상기 하우징의 내부 측벽에 배치되어 수용공간의 온도와 습도를 감지할 수 있는 센서모듈이 구비되며 상면에 환기구가 형성된 온습도센서 케이스와; 상기 온습도센서 케이스 내부에 상기 센서모듈에 의해 측정된 온도가 사용자가 설정한 임계값을 초과하면 상기 센서모듈에 구비된 엠씨유에 의한 연산과 명령에 따라 구동되어 상기 환기구를 개폐시키는 자동개폐장치를; 포함한 것을 특징으로 한다.

여기서, 상기 온습도센서 케이스는 상부 일측에 힌지부재에 의하여 힌지 결합되는 상기 케이스 상판과, 하부에 고정되는 케이스 하판과, 상기 하우징의 수용공간 내부의 온습도와 상기 온습도센서 케이스 내부의 온습도가 동일하도록 공기를 유동시키는 메쉬망으로 구성될 수 있다.

그리고, 상기 케이스 하판에는 센서모듈이 형성되며, 상기 센서모듈에는 온습도센서와 상기 엠씨유와 통신부 및 전원공급부가 구비될 수 있다.

또한, 상기 온습도센서 케이스를 상기 수용공간에 직립되게 배치할수 있도록 상기 온습도센서 케이스의 상면 양측에는 상기 온습도센서 케이스의 외측으로 돌출되어 상기 하우징의 일측에 걸림되는 걸림부가 형성될 수 있다.

아울러, 상기 자동개폐장치는 상기 온습도센서 케이스의 내부 일측에 회전가능하게 설치되는 피니언기어와, 상기 피니언기어와 맞물리어 승하강 운동하면서 상기 케이스 상판을 개폐시키도록 일단이 상기 케이스 상판과 접촉된 랙기어와, 상기 피니언기어를 회전 구동시키는 전기모터를 포함할 수 있다.

그리고, 상기 센서모듈에서 감지한 정보를 수집 및 저장하는 게이트웨이 임베디드와, 상기 게이트웨이 임베디드에서 수집 및 저장된 정보를 일정 주기로 수신하여 데이터를 종합하는 메인서버를 더 포함할 수 있다.

또한, 상기 게이트웨이 임베디드는 상기 센서모듈에서 송신한 정보를 수신하는 수신부와, 상기 수신부로 수신된 정보를 처리하는 엠씨유와, 상기 엠씨유에서 처리한 상기 정보를 저장하는 저장부와, 상기 엠씨유 측으로 전원을 공급하는 전원공급부를 포함할 수 있다.

【발명의 효과】

이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명에 의한 자동환기장치를 구비한 꿀벌통은, 꿀벌통에 꿀벌이 사육되고 있는 상태에서도 설치가 가능하도록 소비 형태로 제작함으로써 온습도 센서를 용이하게 꿀벌통에 구비할 수 있도록 하는 현저한 효과가 있다.

또한, 꿀벌통에 설치되는 온습도 센서 케이스는 꿀벌의 생육에 방해가 되지 않도록 매쉬망을 통하여 내부 수용공간의 온습도를 반영하며, 측정된 온도가 35℃ 이상의 임계치를 초과하면 센서보드 내부의 MCU 또는 서버, 미들웨어 임베디드의 명령을 통하여 자동 개폐 장치에 작동 명령을 내려 환기구의 개방을 통하여 하우스 내부 열을 대류현상을 통해 식혀주고, 이를 통하여 꿀벌의 생육 최적 온도인 35℃를 유지할 수 있도록 하여 꿀벌의 생육을 도와 노동 효율을 높여 벌꿀의 획득량을 증대시킴으로써 효율적인 양봉이 가능하도록 할 수 있는 효과가 있다.

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자동환기장치를 구비한 꿀벌통의 구조를 분리하여 도시한 분해사시도이고, 도 2는 도 1의 자동환기장치를 구비한 꿀벌통의 온습도센서 케이스 및 자동개폐장치의 구조를 도시한 사시도이며, 도 3은 도 2의 온습도센서 케이스 및 자동개폐장치의 연결관계를 도시한 개략도이고, 도 4는 도 1의 자동환기장치를 구비한 꿀벌통의 전체적인 연결관계를 도시한 평면도이며, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 자동환기장치가 동작하는 과정을 순차적으로 기재한 작동순서도이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

대부분의 양봉농가에서는 유밀기 및 하계에 하우스 내부의 소비 위에 덮여 있는 개포의 일부를 열어두는 작업을 실시한다.

대류현상에 의해 하우스 내부의 더운 열은 개포의 열린 부분으로 배출되고 하우스 하단부의 소문을 통해 외부의 차가운 공기가 내부로 유입되게 되며, 이를 통해 꿀벌의 온도조절 활동 특히 선풍활동에 대한 부담을 크게 덜어줄 수 있다.

하지만 이러한 방법은 아침과 저녁, 그리고 밤에는 보온을 위해 개포를 다시 덮어야 하고, 이는 양봉농가에서 꾸준한 관심과 인력을 집중하도록 만들기 때문에 개포의 여닫이 작업을 자동으로 제어할 수 있다면 꿀벌과 양봉농가 양쪽에 크게 도움이 될 수 있으며 본 발명은 상술한 바와 같은 필요성에 의하여 개발되었다.

이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 자동환기장치를 구비한 꿀벌통을 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자동환기장치를 구비한 꿀벌통의 구조를 분리하여 도시한 분해사시도이고, 도 2는 도 1의 자동환기장치를 구비한 꿀벌통의 온습도센서 케이스 및 자동개폐장치의 구조를 도시한 사시도이며, 도 3은 도 2의 온습도센서 케이스 및 자동개폐장치의 연결관계를 도시한 개략도이고, 도 4는 도 1의 자동환기장치를 구비한 꿀벌통의 전체적인 연결관계를 도시한 평면도이며, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 자동환기장치가 동작하는 과정을 순차적으로 기재한 작동순서도이다.

이들 도면에 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 자동환기장치를 구비한 꿀벌통은, 일정한

수용공간(110)을 구비하고 하부 일측에 소문(120)이 절개 형성되며 상면(130)이 개구 형성된 하우징(100)과; 상기 하우징(100)의 절개 형성된 상면(130)을 선택적으로 개폐하도록 상기 하우징(100)의 상면(130)에 설치되는상부커버(200)와; 상기 하우징(100)의 내부 측벽에 배치되어 수용공간(110)의 온도와 습도를 감지할 수 있는 센서모듈(310)이 구비되며 상면에 환기구가 형성된 온습도센서 케이스(300)와; 상기 온습도센서 케이스(300) 내부에 상기 센서모듈(310)에 의해 측정된 온도가 사용자가 설정한 임계값을 초과하면 상기 센서모듈(310)에 구비된 엠씨유(312)에 의한 연산과 명령에 따라 구동되어 상기 환기구를 개폐시키는자동개폐장치(400)를 포함하여 구성되어 있다.

하우징(100)은 상면(130)이 개구 형성된 장방 형상의 단면을 갖는부재로서, 내부에는 복수의 별집형성판 및 온습도센서 케이스(300)를 수용할 수 있도록 하는 수용공간(110)이 형성되어 있다.

그리고, 하우징(100)의 하부 일측에는 판면 일부를 절개 형성한 소문(120)을 구비함으로써 수용공간(110)이 외부와 연통되도록 하여 꿀벌이 외부에서수용공간(110) 측으로 출입하면서 꿀을 모을 수 있도록 한다.

상부커버(200)는 개구 형성되어 별집형성판 및 온습도센서 케이스(300)가 수용공간(110)으로 삽입되도록 하는 하우징(100)의 상면(130)을 선택적으로 개폐할 수 있도록 하우징(100)의 상면(130)에 탈부착 가능하게 구비되는 부재이다.

온습도센서 케이스(300)는 걸림부(140)가 하우징(100)의 일측이 걸림되도록 하여 수용공간(110)의 내부에 설치되도록 하여 수용공간(110) 내부의 온도 및 습도를 감지할 수 있도록 한다.

그리고, 온습도센서 케이스(300)의 상측에는 개구 형성되는 환기구가 구비되어 온습도센서 케이스(300)의 내부 온도가 설정치 이상이 되면 상기 환기구를 개방시켜 내부의 온도를 낮출 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

이를 위하여 온습도센서 케이스(300)는 상부 일측에 힌지부재(321)에 의하여 힌지 결합되는 케이스 상판(320)과, 하부에 고정되는 케이스 하판(340)과, 하우징(100)의 수용공간(110) 내부의 온습도와 상기 온습도센서 케이스(300)내부의 온습도가 동일하도록 공기를 유동시키는 메쉬망(330)으로 구성되어 있다.

케이스 하판(340)에는 센서모듈(310)이 형성되며, 센서모듈(310)에는 온습도센서(311)와 엠씨유(312)와 통신부(313) 및 전원공급부(314)가 구비되어있다.

온습도센서(311)는 센서모듈(310)의 판면에 설치되어 전원공급부(314)로부터 전원을 공급받아 온도와 습도에 대한 정보를 감지하는 역할을 하며,엠씨유(312)는 전원공급부(314)로부터 전원을 공급받아 온습도센서(311)에서 감지한 정보를 처리하는 역할을 한다.

통신부(313)는 무선 통신 방식 또는 유선 통신 방식에 의하여 온습도 센서(311)에서 감지된 정보를 게이트웨이 임베디드(600) 측으로 송신하게 된다.

그리고, 전원공급부(314)는 배터리, 상시전원 또는 태양전지에 의하여 엠씨유(312) 측으로

전원을 공급하도록 할 수 있다.

온습도센서 케이스(300)를 수용공간(110)에 직립되게 배치할 수 있도록 온습도센서 케이스(300)의 상면 양측에는 온습도센서 케이스(300)의 외측으로 돌출되어 하우스(100)의 일측에 걸림되는 걸림부(140)가 형성되어 있다.

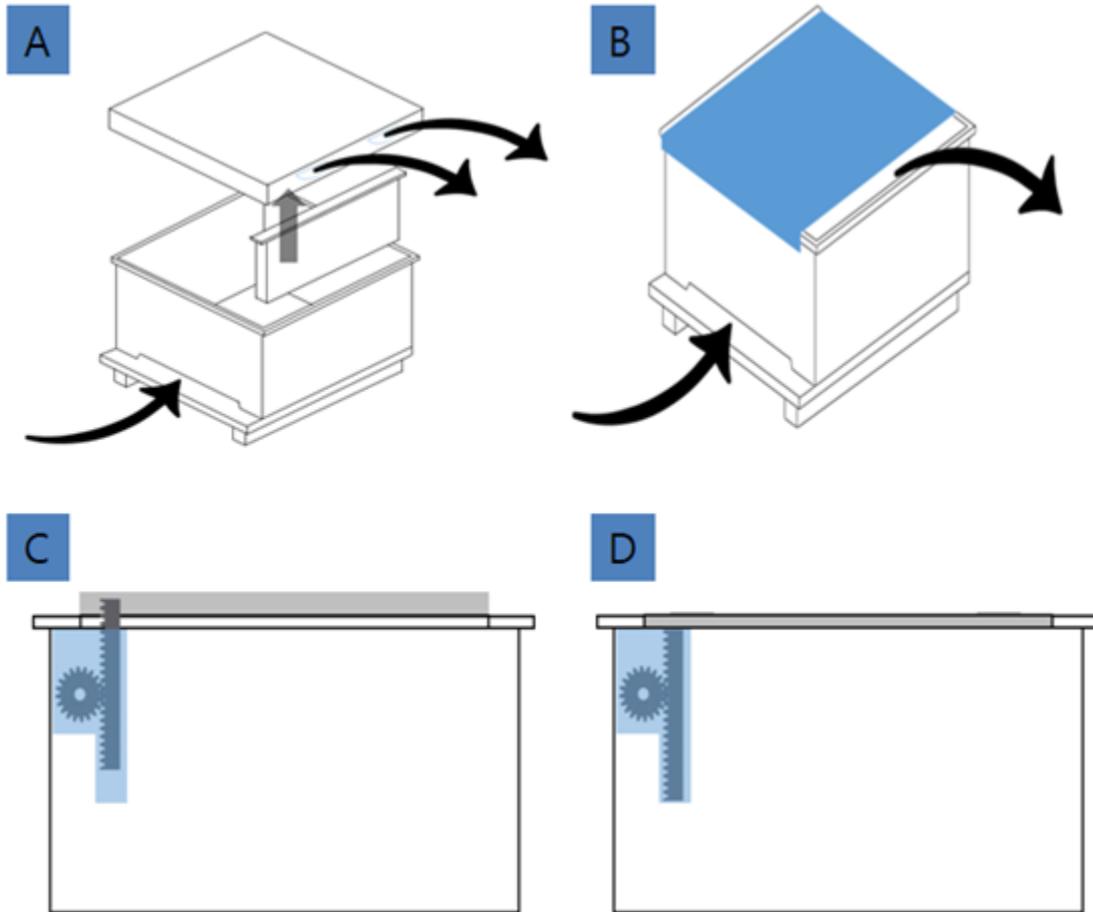
한편, 자동개폐장치(400)는 상기 온습도센서 케이스(300)의 내부 일측에 회전가능하게 설치되는 피니언기어(410)와, 피니언기어(410)와 맞물리어 승하강 운동하면서 케이스 상판(320)을 개폐시키도록 일단이 케이스 상판(320)과 접촉된 랙기어(420)와, 피니언기어(410)를 회전 구동시키는 전기모터를 포함할 수 있다.

상술한 바와 같은 구성을 이용하여 여름철 유밀기 환기구 개폐를 자동으로 제어하기 위해서는 먼저 공기의 흐름을 분석해야 한다.

아래의 <그림 A>와 같이 하우스(100)의 소문(120)을 통하여 하우스(100) 내부의 온도(보통 36도)보다 차가운 온도가 유입되게 되고, 하우스 내부의 열은 대류현상에 의해 온습도센서 케이스(300)에 형성된 매쉬망(330)을 통과한 뒤 온습도센서 케이스(300) 상단 환기구를 통해 빠져나가게 된다.

그리고, <그림 B>는 온습도센서 케이스(300) 상면을 제외한 나머지하우스(100)의 상면에 천커버를 덮어 고정시키고, 소문(120)에서 차가운 공기가 유입되면 하우스(100) 내부의 열은 온습도센서 케이스(300)의 환기구를 통해 배출되도록 한다.

여기서, 환기구를 개폐하기 위해서 자동개폐장치(400)의 피니언(410)과 랙(420)의 구동이 이루어지는데, <그림 C>은 자동개폐장치(400)의 랙(420)이 승강이동하여 케이스 상판(320)이 열려 환기구가 개방됨으로써 환기가 이루어지는 상태를 보여주며, <그림 D>는 환기와 완료된 후에 랙(420)이 하강이동하여 케이스 상판(320)이 케이스 상판(320)이 닫혀서 환기구가 폐쇄된 상태를 보여준다.



한편, 본 발명에 따른 자동환기장치를 구비한 꿀벌통은, 센서모듈(310)에서 감지한 정보를 수집 및 저장하는 게이트웨이 임베디드(600)와, 게이트웨이 임베디드(600)에서 수집 및 저장된 정보를 일정 주기로 수신하여 데이터를 종합하는 메인서버(700)를 더 포함한다.

그리고, 게이트웨이 임베디드(600)는 센서모듈(310)에서 송신한 정보를 수신하는 수신부(610)와, 수신부(610)로 수신된 정보를 처리하는 엠씨유(620)와, 엠씨유(620)에서 처리한 상기 정보를 저장하는 저장부(630)와, 엠씨유(620)측으로 전원을 공급하는 전원공급부(640)로 이루어진다.

수신부(610)는 센싱보드(500)의 통신부(530)와 무선 통신 방식 또는 유선 통신 방식에 의하여 연결됨으로써 감지 센서(510)에서 감지한 정보를 수신하여 데이터를 종합하는 메인서버(700)를 더 포함한다.

그리고, 게이트웨이 임베디드(600)는 센서모듈(310)에서 송신한 정보를 수신하는 수신부(610)와, 수신부(610)로 수신된 정보를 처리하는 엠씨유(620)와, 엠씨유(620)에서 처리한 상기 정보를 저장하는 저장부(630)와, 엠씨유(620)측으로 전원을 공급하는 전원공급부(640)로 이루어진다.

수신부(610)는 센싱보드(500)의 통신부(530)와 무선 통신 방식 또는 유선 통신 방식에 의하여 연결됨으로써 감지 센서(510)에서 감지한 정보를 수신하는 역할을 한다.

통신부(313)에서 발신된 정보는 게이트웨이 임베디드(600)의 수신부(610)에서 센서모듈(310)에 부여된 식별번호와 함께 수신하게 되며, 수신된 정보는 저장부(630)에 저장하게 된다.

그리고, 이러한 온도 및 습도 정보는 설정시간에 메인서버(700)로 전송되어 저장하게 되며, 센서모듈(310)에서 감지한 온도 및 습도 정보가 엠씨유(620)에 설정된 임계값 이상일 경우에 메인서버(700)로 알람을 전송하게 되면, 메인서버(700)에서는 해당 알람을 양봉가의 휴대폰으로 문자메시지가 발송되도록 하거나 양봉가의 휴대폰에 기설치된 앱을 통해 알람 메시지가 송신되도록 함으로써 자동개폐장치(400)를 구동시킬 수 있도록 하여 꿀벌통 내부의 온도 및 습도를 최적으로 유지할 수 있도록 하여 꿀의 획득량을 증가시킬 수 있도록 한다.

상술한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명의 일 실시예에 따른 자동환기장치를 구비한 꿀벌통은 꿀벌통에 구비된 소문의 전방에 별도의 자동환기장치를 설치가능 하도록 하여 기존의 꿀벌통에도 용이하게 적용이 가능도록 한다.

그리고, 꿀벌통 내부의 온습도에 따라 소문의 열림량을 자동으로 개폐하여 꿀벌통 내부의 온도 및 습도를 최적으로 유지할 수 있도록 하여 꿀의 획득량을 증가시킬 수 있도록 한다.

또한, 꿀벌통에 꿀벌이 사육되고 있는 상태에서도 설치가 가능하도록 함으로써 온습도센서를 용이하게 꿀벌통에 구비할 수 있도록 한다.

아울러, 꿀벌통에 설치되는 온습도센서 케이스가 꿀벌의 생육에 방해가 되지 않도록 하여 꿀벌이 안정적으로 생육될 수 있도록 함으로써 꿀의 획득량을 증대시킴으로써 효율적인 양봉이 가능하도록 할 수 있다.

이상은 본 발명에 의해 구현될 수 있는 바람직한 실시예의 일부에관하여 설명한 것에 불과하므로, 주지된 바와 같이 본 발명의 범위는 위의 실시예에 한정되어 해석되어서는 안 될 것이며, 위에서 설명된 본 발명의 기술적 사상과 그 근본을 함께 하는 기술적 사상은 모두 본 발명의 범위에 포함된다고 할 것이다.

【부호의 설명】

100 : 하우징	110 : 수용공간
120 : 소문	130 : 상면
140 : 걸림부	200 : 상부커버
300 : 온습도센서 케이스	310 : 센서모듈
311 : 온습도센서	312 : 엠씨유
313 : 통신부	314 : 전원공급부
320 : 케이스 상판	330 : 매쉬망
340 : 케이스 하판	400 : 자동개폐장치
410 : 피니언	420 : 랙

【청구범위】

【청구항 1】

일정한 수용공간(110)을 구비하고 하부 일측에 소문(120)이 절개 형성되며 상면(130)이 개구 형성된 하우징(100)과; 상기 하우징(100)의 절개 형성된 상면(130)을 선택적으로 개폐하도록 상기 하우징(100)의 상면(130)에 설치되는 상부커버(200)와; 상기 하우징(100)의 내부 측벽에 배치되어 수용공간(110)의 온도와 습도를 감지할 수 있는 센서모듈(310)이 구비되며 상면에 환기구가 형성된 온습도센서 케이스(300)와; 상기 온습도센서 케이스(300) 내부에 상기 센서모듈(310)에 의해 측정된 온도가 사용자가 설정한 임계값을 초과하면 상기 센서모듈(310)에 구비된 엠씨유(312)에 의한 연산과 명령에 따라 구동되어 상기 환기구를 개폐시키는 자동개폐장치(400)를 구비한 자동환기장치를 구비한 꿀벌통.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 온습도센서 케이스(300)는 상부 일측에 힌지부재(321)에 의하여 힌지 결합되는 상기 케이스 상판(320)과, 하부에 고정되는 케이스 하판(340)과, 상기 하우징(100)의 수용공간(110) 내부의 온습도와 상기 온습도센서 케이스(300) 내부의 온습도가 동일하도록 공기를 유동시키는 메쉬망(330)으로 구성된 것을 특징으로 하는 자동환기장치를 구비한 꿀벌통.

【청구항 3】

제2항에 있어서, 케이스 하판(340)에는 센서모듈(310)이 형성되며, 상기 센서모듈(310)에는 온습도센서(311)와 상기 엠씨유(312)와 통신부(313) 및 전원공급부(314)가 구비된 것을 특징으로 하는 자동환기장치를 구비한 꿀벌통.

【청구항 4】

제1항에 있어서, 상기 온습도센서 케이스(300)를 상기 수용공간(110)에 직립되게 배치할 수 있도록 상기 온습도센서 케이스(300)의 상면 양측에는 상기 온습도센서 케이스(300)의 외측으로 돌출되어 상기 하우징(100)의 일측에 걸림되는 걸림부(140)가 형성된 것을 특징으로 하는 자동환기장치를 구비한 꿀벌통.

【청구항 5】

제1항에 있어서, 상기 자동개폐장치(400)는 상기 온습도센서 케이스(300)의 내부 일측에 회전

가능하게 설치되는 피니언기어(410)와, 상기 피니언기어(410)와 맞물리어 승하강운동하면서 상기 케이스 상판(320)을 개폐시키도록 일단이 상기 케이스 상판(320)과 접촉된 랙기어(420)

와, 상기 피니언기어(410)를 회전 구동시키는 전기모터를 포함한 것을 특징으로 하는 자동환기장치를 구비한 꿀벌통.

【청구항 6】

제1항에 있어서, 상기 센서모듈(310)에서 감지한 정보를 수집 및 저장하는 게이트웨이 임베디드(600)와, 상기 게이트웨이 임베디드(600)에서 수집 및 저장된 정보를 일정 주기로 수신하여 데이터를 종합하는 메인서버(700)를 더 포함한 것을 특징으로 하는 자동환기장치를 구비한 꿀벌통.

【청구항 7】

제6항에 있어서, 상기 게이트웨이 임베디드(600)는 상기 센서모듈(310)에서 송신한 정보를 수신하는 수신부(610)와, 상기 수신부(610)로 수신된 정보를 처리하는 엠씨유(620)와, 상기 엠씨유(620)에서 처리한 상기 정보를 저장하는 저장부(630)와, 상기 엠씨유(620)측으로 전원을 공급하는 전원공급부(640)를 포함한 것을 특징으로 하는 자동환기장치를 구비한 꿀벌통.

【요약서】

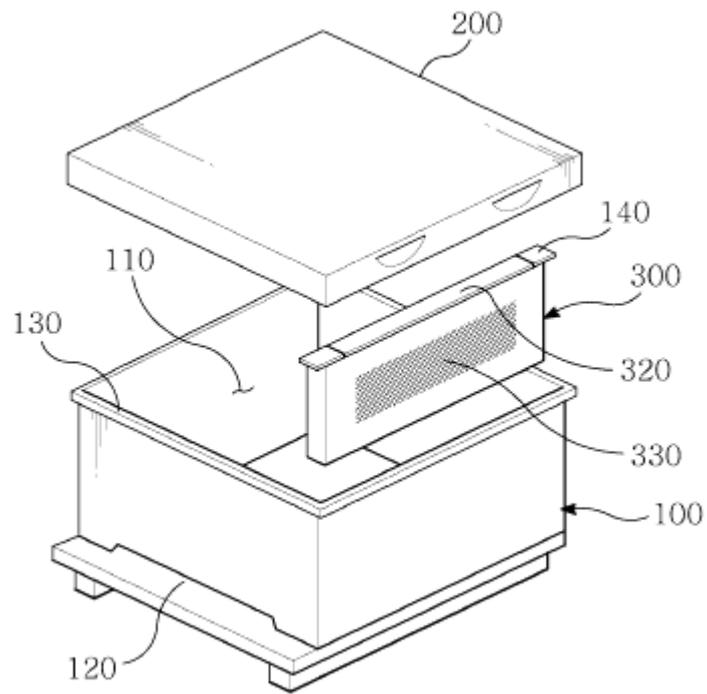
【요약】

본 발명은 꿀벌통의 소문을 서버를 이용하여 개폐할 수 있는 자동환기장치를 구비한 꿀벌통에 관한 것으로, 일정한 수용공간을 구비하고 하부 일측에 소문이 절개 형성되며 상면이 개구 형성된 하우스징과; 상기 하우스징의 절개 형성된 상면을 선택적으로 개폐하도록 상기 하우스징의 상면에 설치되는 상부커버와; 꿀벌의 생육환경을 인위적으로 조절하기 위하여 상기 소문의 개폐량을 조절할 수 있도록 하는 자동환기장치와; 무선통신을 통하여 상기 자동환기장치를 구동시킬 수 있도록 하는 통신부를 포함하여 구성됨으로써, 사용자가 서버를 통해 개폐를 제어할 수 있고 개폐각도에 따라 소문의 개방 정도를 조절할 수 있으며, 말벌의 피해가 있을 때는 사람이 현장에 방문하는데 걸리는 소요시간 동안 소문을 완전 폐쇄하여 1차 피해를 막고, 2차 조치를 통해 말벌을 제거할 수 있도록 함과 아울러, 야간에 꿀벌의 출입이 없을 경우에는 개방각도를 작게 하여 꿀벌의 보온활동에 대한 부담을 줄여줄 수 있는 효과가 있다.

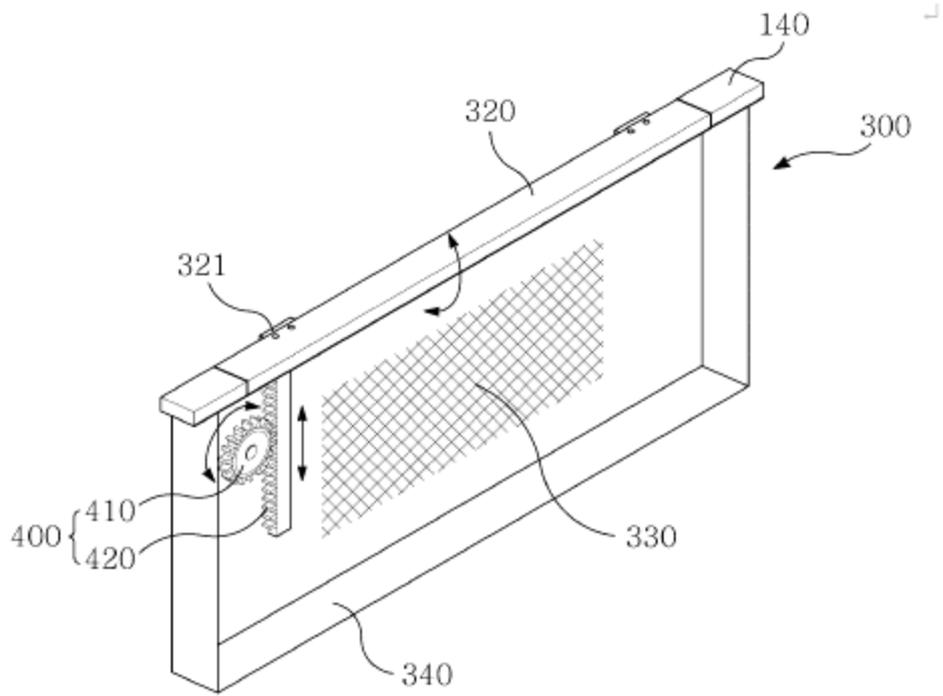
【대표도】

【도면】

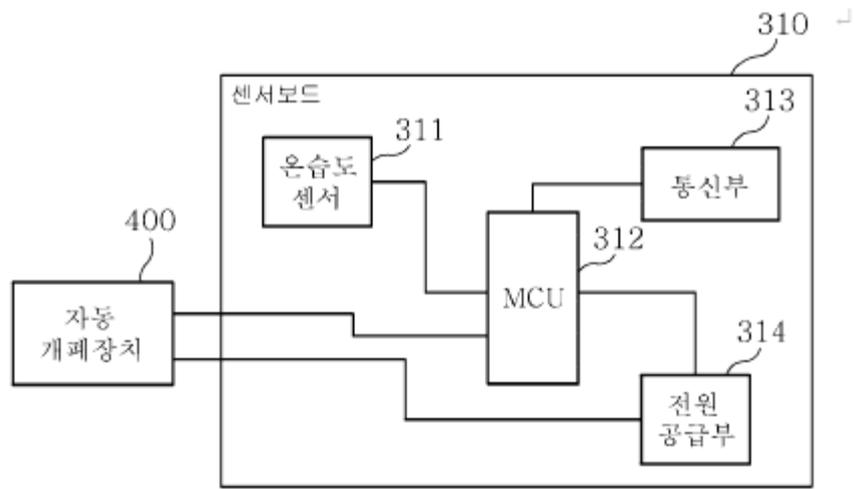
【도 1】



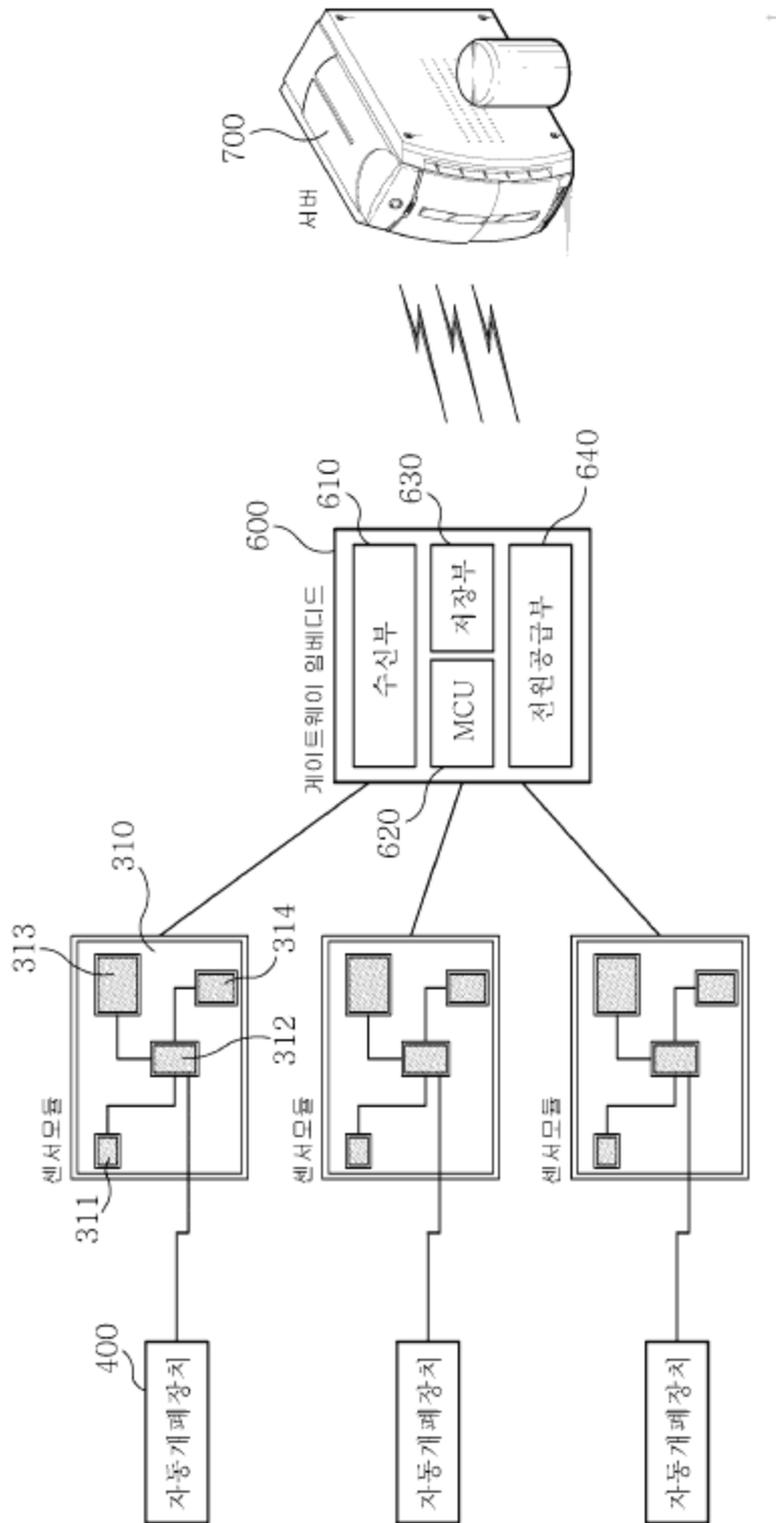
【도 2】



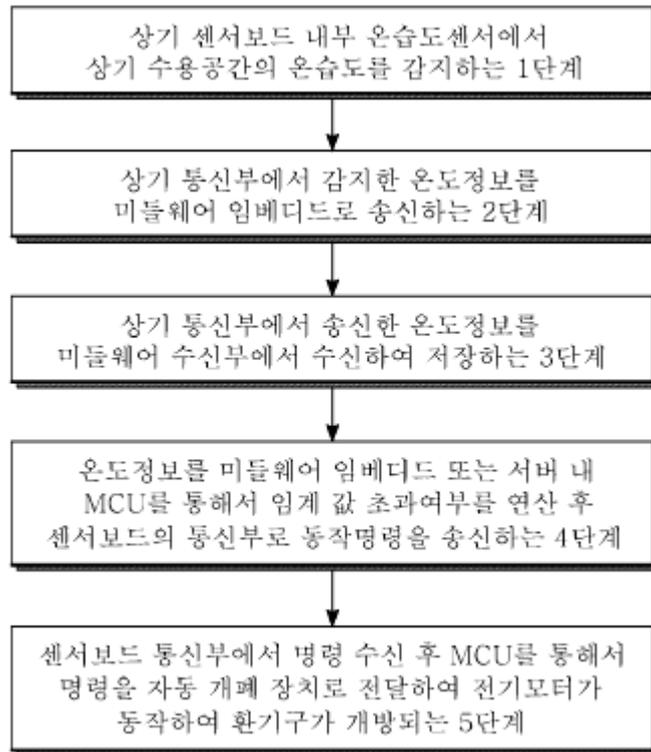
【도 3】



【도 4】



【도 5】



3. 소문개폐부를 구비한 꿀벌통

【서지사항】

【서류명】 특허출원서

【참조번호】 17561

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 제주대학교 산학협력단

【특허고객번호】 2-2004-016727-0

【대리인】

【명칭】 특허법인태웅

【대리인번호】 9-2012-100102-8

【지정된변리사】 강경찬

【발명의 국문명칭】 소문개폐부를 구비한 꿀벌통

【발명의 영문명칭】 BEEHIVE HAVING OPENING AND CLOSING PART FOR ENTRANCE

【발명자】

【성명】 임윤규 김건 윤병수 조윤상 박종진

【출원언어】 국어

【심사청구】 청구

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 115102-3

【부처명】 농림축산식품부

【연구관리 전문기관】 농림수산식품기술기획평가원

【연구사업명】 첨단생산기술개발사업

【연구과제명】 IoT 상태모니터링 기술 기반 스마트양봉 시스템 구현 및 국가방역체계 적용

【기여율】 6/10

【주관기관】 제주대학교 산학협력단

【연구기간】 2015.12.28 ~ 2018.12.27.

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 115058-2

【부처명】 농림축산식품부

【연구관리 전문기관】 농림수산식품기술기획평가원

【연구사업명】 첨단생산기술개발사업

【연구과제명】 토종벌 정밀양봉을 위한 사물인터넷 기반 원격실시간 모니터링 시스템 개발

【기여율】 2/10

【주관기관】 제주대학교 산학협력단

【연구기간】 2015.12.18 ~ 2017.12.17.

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 115067-2

【부처명】 농림축산식품부

【연구관리 전문기관】 농림수산식품기술기획평가원

【연구사업명】 수출전략기술개발사업

【연구과제명】 뒤영벌 수출입을 위한 생물학적 검역 관련 기술들의 개발

【기여율】 2/10

【주관기관】 경기대학교 산학협력단

【연구기간】 2015.12.18 ~ 2017.12.17.

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

소문개폐부를 구비한 꿀벌통 {BEEHIVE HAVING OPENING AND CLOSING PART FOR ENTRANCE }

【기술분야】

본 발명은 꿀벌통에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 사용자가 서버를 통하여 꿀벌통의 소문 개폐를 제어할 수 있도록 하여 꿀벌을 안정적으로 사육할 있도록 하고 말벌로 인한 피해를 줄임과 동시에 야간에 꿀벌통 내부의 보온이 효과적으로 이루어지도록 할 수 있는 소문개폐부를 구비한 꿀벌통에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

양봉에 있어서 꿀벌의 대표적인 천적은 외부 기생성인 응애와 직접꿀벌을 공격하는 말벌

이 있다.

말벌 봉군은 영년성인 꿀벌과 달리 1년성으로 월동한 여왕벌은 3~4월경 동면에서 깨어나 활동을 시작하고 6월에는 본격적으로 일벌이 등장하기 시작하며, 여름과 가을에 봉군의 최성기를 맞이하게 된다. 말벌의 성충은 발효된 당액과 나무수액, 과일 등 당분이 많은 식물성 먹이를 선호하지만 말벌의 유충은 발육을 위하여 단백질이 풍부한 먹이가 필요하기 때문에 일벌은 곤충과 절지동물을 사냥 후 가공하여 유충의 먹이로 공급하게 된다.

이러한 과정에서 개체수가 풍부하고 성충의 먹이인 꿀과 유충의 먹이인 곤충을 모두 확보할 수 있는 꿀벌 봉군은 말벌의 주 공격 목표가 된다.

대부분의 중소형 말벌의 경우 소문 앞에서 제자리 비행(Hovering)하며 일벌을 낚아채는 방법으로 사냥을 하지만 국내 최대종인 장수말벌의 경우 집단으로 봉군을 공격하여 일벌을 전멸시키고 봉군 내 유충과 벌꿀을 약탈하는 사냥방식을 가지고 있기 때문에 장수말벌의 공격을 방지할 경우 해당 봉군은 전멸을 면치 못하게 된다.

따라서, 장수말벌이 서식하는 지역의 양봉농가들은 말벌의 최성기인 여름과 가을에는 양봉장에 상주하면서 말벌 피해를 방지하기 위한 일종의 보조활동을 하고 있으며, 이는 양봉농가에 있어서 꾸준한 관심과 인력을 집중하도록 하고 있다.

이러한 피해를 막기 위해 소문을 폐쇄하여 말벌의 봉군 유입을 방지하고, 일벌의 외출을 막아 말벌공격에 의한 일벌의 사망으로 인한 1차 피해를 우선적으로 막는 것이 중요하다.

직접적인 조치가 있을 동안 1차 피해를 방지하고 그 후 말벌을 직접포살하면 말벌로 인한 봉군의 사멸은 방지할 수 있다.

꿀벌은 가축 중에서 가장 작은 변온동물이며, 적외선 카메라로 관찰한 바에 의하면 가슴부분을 벽에 밀착시킨 후 비행근육을 이용하여 발열을 한다. 최대 30분간 열을 방출하고 이때 체온은 거의 43℃ 이상으로 올라간다.

생육온도의 범위로 볼 때, 7℃에서 활동이 마비되며, 5℃에서는 12시간 이내에 동사하고, 13℃ 이하에서는 외부활동을 할 수 없다. 이렇게 온도가 내려가면 벌은 월동을 위한 봉구를 형성하고 발열활동을 통해 내부온도를 약 34℃로 유지한다.

또한, 산란 및 육아를 위해서는 약 35℃를 유지하는 것으로 알려져 있다. 이처럼 꿀벌은 변온동물이지만 육아와 산란이 이루어지는 시기에는 35℃를 유지하는 항온성을 나타내기 때문에 이러한 온도를 유지하기 위한 발열활동과 냉각활동을 줄여 줄 수 있도록 환경의 조절을 해주는 것이 매우 중요하다.

밤낮의 기온차이가 크게 나타나는 봄, 가을에 숙련된 양봉농가의 경우 소문의 개방 정도의 조절을 통해 미세하게 환경을 제어하기도 한다. 이 시기에는 야간에 저온을 나타내기 때문에 야간에는 보온을 해주는 것이 좋은데, 이 때 소문을 좁혀주면 큰 효과를 나타낼 수 있으나, 작업과정이 번거롭고 많은 관심을 요한다.

따라서, 이러한 적절한 생육환경의 유지를 위한 인위적인 환경제어를 할 수 있도록 꿀벌통의 소문을 편리하게 개폐할 수 있는 기술이 필요한 실정이다.

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

상기와 같은 점을 감안하여 안출한 본 발명의 목적은, 사용자가 서버를 통해 개폐를 제어할 수 있고 개폐 각도에 따라 소문의 개방 정도를 조절할 수 있으며, 말벌의 피해가 있을 때는 사람이 현장에 방문하는데 걸리는 소요시간 동안소문을 완전 폐쇄하여 1차 피해를 막고, 2차 조치를 통해 말벌을 제거할 수 있도록 함과 아울러, 야간에 꿀벌의 출입이 없을 경우에는 개방각도를 작게 하여 꿀벌의 보온활동에 대한 부담을 줄여줄 수 있는 소문개폐부를 구비한 꿀벌통을 제공함에 있다.

【과제의 해결 수단】

상기와 같은 본 발명의 목적을 달성하기 위한 소문개폐부를 구비한 꿀벌통은, 일정한 수용공간을 구비하고 하부 일측에 소문이 절개 형성되며 상면이 개구 형성된 하우징과; 상기 하우징의 절개 형성된 상면을 선택적으로 개폐하도록 상기 하우징의 상면에 설치되는 상부 커버와; 꿀벌의 생육환경을 인위적으로 조절하기 위하여 상기 소문의 개폐량을 조절할 수 있도록 하는 소문개폐부와; 무선통신을 통하여 상기 소문개폐부를 구동시킬 수 있도록 하는 통신부를; 포함한 것을 특징으로 한다.

여기서, 상기 소문개폐부는 상기 소문과 근접한 상기 하우징의 일측에 설치되는 서보모터와, 상기 서보모터의 단부에 연결되어 상기 서보모터의 구동에 따라 회전 구동하며 상기 소문의 전방에 밀착되게 설치되는 개폐부재를 포함할 수 있다.

그리고, 상기 서보모터의 구동에 따른 상기 개폐부재의 회전량에 따라 상기 소문의 개폐 정도가 조절되도록 할 수 있다.

또한, 상기 서보모터 측으로 전원 공급이 중단되어 상기 서보모터의 동작이 중지될 경우에 상기 개폐부재가 회전된 각도는 유지되도록 할 수 있다.

아울러, 상기 통신부는 별도의 하드웨어에 구비되어 상기 서보모터의 구동을 제어하는 소프트웨어로 구성될 수 있다.

그리고, 상기 소프트웨어는 양봉장의 선택, 선택된 상기 양봉장의개별 꿀벌통 선택, 시스템 리셋 및 상기 소문의 개폐 기능을 수행하도록 할 수 있다.

또한, 상기 소프트웨어는 제종 제어를 수행한 날짜와 제어 유형이저장 및 출력되도록 할 수 있다.

【발명의 효과】

이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명에 의한 소문개폐부를 구비한 꿀벌통은, 사용자가 서버를 통해 개폐를 제어할 수 있고 개폐 각도에 따라 소문의 개방 정도를 조절할 수 있으며, 말벌의 피해가 있을 때는 사람이 현장에 방문하는데 걸리는 소요시간 동안 소문을 완전 폐

쇄하여 1차 피해를 막고, 2차 조치를 통해 말벌을 제거할 수 있도록 함과 아울러, 야간에 꿀벌의 출입이 없을 경우에는 개방각도를 작게 하여 꿀벌의 보온활동에 대한 부담을 줄여줄 수 있는 효과가 있다.

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 소문개폐부를 구비한 꿀벌통의 구조를 도시한 사시도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 소문개폐부를 구비한 꿀벌통의 소문이 일부 개방된 구조를 도시한 사시도이며, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 소문개폐부를 구비한 꿀벌통의 소문이 완전 개방된 구조를 도시한 사시도이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 소문개폐부를 구비한 꿀벌통의 통신부인 소프트웨어를 도시한 평면도이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 소문개폐부를 구비한 꿀벌통을 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 소문개폐부를 구비한 꿀벌통의 구조를 도시한 사시도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 소문개폐부를 구비한 꿀벌통의 소문이 일부 개방된 구조를 도시한 사시도이며, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 소문개폐부를 구비한 꿀벌통의 소문이 완전 개방된 구조를 도시한 사시도이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 소문개폐부를 구비한 꿀벌통의 통신부인 소프트웨어를 도시한 평면도이다.

이들 도면에 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 소문개폐부를 구비한 꿀벌통은 일정한 수용공간(110)을 구비하고 하부 일측에 소문(110)이 절개 형성되며 상면(130)이 개구 형성된 하우징(100)과; 상기 하우징(100)의 절개 형성된 상면(130)을 선택적으로 개폐하도록 상기 하우징(100)의 상면(130)에 설치되는 상부커버(200)와; 꿀벌의 생육환경을 인위적으로 조절하기 위하여 상기 소문(110)의 개폐량을 조절할 수 있도록 하는 소문개폐부(300)와; 무선통신을 통하여 상기 소문개폐부(300)를 구동시킬 수 있도록 하는 통신부(400)를 포함하여 구성되어 있다.

하우징(100)은 상면이 개구 형성된 장방형상의 단면을 갖는 부재로서, 내부에는 복수의 벌집형성판, 벌집판 거치대 등의 부품을 수용할 수 있는 수용공간이 형성되어 있다.

그리고, 하우징(100)의 하부 일측에는 판면 일부를 절개 형성한 소문(110)을 구비함으로써 상기 수용공간이 외부와 연통되도록 하여 꿀벌이 외부에서 수용공간 측으로 출입하면서 꿀을 모을 수 있도록 한다.

하우징(100)의 하면은 별도의 지지판(120)의 상면에 안착되어 설치되며, 소문(110)은 하우징(100)의 하부 일측 외면이 절개된 영역과 지지판(120)의 상면 사이에 구비된다.

그리고, 지지판(120)의 하면에는 하우징(100)을 바닥면으로부터 일정 높이로 이격되게 배치

할 수 있도록 하는 복수의 지지다리(130)가 상호 대향되게 마련되어 있다.

이러한 지지다리(130)는 필요에 따라 하우징(100)이 배치되는 높이를 조절할 수 있도록 하여 꿀벌을 효과적으로 생육할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

상부커버(200)는 개구 형성되어 상기 벌집형성판이 하우징(100) 내부에 형성된 수용공간으로 삽입되도록 하는 하우징(100)의 상면을 선택적으로 개폐할 수 있도록 하우징(100)의 상면에 탈부착 가능하게 구비되는 부재이다.

한편, 소문개폐부(300)는 하우징(100)의 내부에 형성된 상기 수용공간 내부의 온도 및 습도에 따라 소문(110)의 개폐 정도를 조절하여 수용공간 내부의 온도 및 습도가 최적으로 유지될 수 있도록 하여 꿀의 획득량을 증대시킬 수 있도록 하는 역할을 한다.

이러한 소문개폐부(300)는 소문(110)과 근접한 상기 하우징(100)의 일측에 설치되는 서보모터(310)와, 상기 서보모터(310)의 단부에 연결되어 상기 서보모터(310)의 구동에 따라 회전 구동하며 상기 소문(110)의 전방에 밀착되게 설치되는 개폐부재(320)를 포함하여 구성되어 있다.

서보모터(310)는 가동범위인 0° 내지 180°의 범위 내에서 회전 구동하게 되며, 원격 방식으로 소문 개폐의 신호에 따라 자동으로 소문을 개폐할 수 있도록 하는 부재이다.

서보모터(310)의 구동에 따른 개폐부재(320)의 회전량에 따라 소문(110)의 개폐 정도가 조절될 수 있도록 하는 것이 바람직하며, 이를 위하여 소문(110)은 서보모터(310)의 구동에 의하여 일측 단부가 회전중심이 되어 타측 단부가 호상 궤도를 형성하도록 회전 구동될 수 있도록 한다.

따라서, 서보모터(310)의 구동에 의하여 개폐부재(320)가 90° 회전하게 되면 소문(110)이 완전 개방되며, 개폐부재(320)가 회전하지 않을 경우에는 소문(110)이 완전 폐쇄되게 된다.

그리고, 서보모터(310) 측으로 전원 공급이 중단되어 서보모터(310)의 동작이 중지될 경우에 개폐부재(320)가 회전된 각도는 유지되도록 하여 유힬 상태에서 전력의 사용 없이 소문(110)이 개방된 상태를 유지할 수 있도록 하여 전력의 사용량을 최소화할 수 있도록 한다.

즉, 서보모터(310)가 회전하여 개폐부재(320)를 회전된 상태를 유지시키기 위하여 지속적으로 전원을 공급할 필요가 없이 전원의 공급이 중단되면 서보모터(310)가 회전된 상태가 유지할 수 있도록 구성되어 있다.

개폐부재(320)는 일정 길이를 갖는 막대 형상으로 형성된 부재로서, 그 높이는 소문(110)의 높이 보다는 높게 형성되어 서보모터(310)가 회전 구동하지 않은 상태에서 소문(110)을 완전 폐쇄시킬 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

도 4에 도시한 바와 같이, 통신부(400)는 별도의 하드웨어에 구비되어 서보모터(310)의 구동을 제어하는 소프트웨어로 구성될 수 있는데, 이러한 소프트웨어는 양봉장의 선택, 선택된 상기 양봉장의 개별 꿀벌통 선택, 시스템 리셋 및 상기 소문의 개폐 기능을 수행할 수 있도록 하는 것이 효과적이다.

그리고, 상기 소프트웨어는 제종 제어를 수행한 날짜와 제어 유형이저장 및 출력되도록 할 수 있도록 하여 꿀벌통에 대한 효율적인 관리가 가능하도록 할 수 있다.

상술한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명의 일 실시예에 따른 소문개폐부를 구비한 꿀벌통은 꿀벌통에 구비된 소문의 전방에 별도의 소문개폐부를 설치가능 하도록 하여 기존의 꿀벌통에도 용이하게 적용이 가능도록 한다.

그리고, 사용자가 서버를 통해 개폐를 제어할 수 있고 개폐 각도에 따라 소문의 개방 정도를 조절할 수 있으며, 말벌의 피해가 있을 때는 사람이 현장에 방문하는데 걸리는 소요시간 동안 소문을 완전 폐쇄하여 1차 피해를 막을 수 있도록 한다.

또한, 1차 피해를 막을 수 있도록 한 후에 사용자가 현장에 도착하여 2차 조치를 통해 말벌을 제거할 수 있도록 함과 아울러, 야간에 꿀벌의 출입이없을 경우에는 개방각도를 작게 하여 꿀벌의 보온활동에 대한 부담을 줄여줄 수 있는 효과가 있다.

이상은 본 발명에 의해 구현될 수 있는 바람직한 실시예의 일부에관하여 설명한 것에 불과하므로, 주지된 바와 같이 본 발명의 범위는 위의 실시예에 한정되어 해석되어서는 안 될 것이며, 위에서 설명된 본 발명의 기술적 사상과 그 근본을 함께 하는 기술적 사상은 모두 본 발명의 범위에 포함된다고 할 것이다.

【부호의 설명】

100 : 하우스 110 : 소문
120 : 지지판 130 : 지지다리
200 : 상부커버 300 : 소문개폐부
310 : 서보모터 320 : 개폐부재
400 : 통신부

【청구범위】

【청구항 1】

일정한 수용공간(110)을 구비하고 하부 일측에 소문(110)이 절개 형성되며 상면(130)이 개구 형성된 하우스(100)과; 상기 하우스(100)의 절개 형성된 상면(130)을 선택적으로 개폐하도록 상기 하우스(100)의 상면(130)에 설치되는 상부커버(200)와; 꿀벌의 생육환경을 인위적으로 조절하기 위하여 상기 소문(110)의 개폐량을 조절할 수 있도록 하는 소문개폐부(300)와; 무선통신을 통하여 상기 소문개폐부(300)를 구동시킬 수 있도록 하는 통신부 (400)를; 포함한 것을 특징으로 하는 소문개폐부를 구비한 꿀벌통.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 소문개폐부(300)는 상기 소문(110)과 근접한 상기 하우스(100)의 일

측에 설치되는 서보모터(310)와, 상기 서보모터(310)의 단부에 연결되어 상기 서보모터(310)의 구동에 따라 회전 구동하며 상기 소문(110)의 전방에 밀착되게 설치되는 개폐부재(320)를 포함한 것을 특징으로 하는 소문개폐부를 구비한 꿀벌통.

【청구항 3】

제2항에 있어서, 상기 서보모터(310)의 구동에 따른 상기 개폐부재(320)의 회전량에 따라 상기 소문(110)의 개폐 정도가 조절되는 것을 특징으로 하는 소문개폐부를 구비한 꿀벌통.

【청구항 4】

제3항에 있어서, 상기 서보모터(310) 측으로 전원 공급이 중단되어 상기 서보모터(310)의 동작이 중지될 경우에 상기 개폐부재(320)가 회전된 각도는 유지되도록 한 것을 특징으로 하는 소문개폐부를 구비한 꿀벌통.

【청구항 5】

제1항에 있어서, 상기 통신부(400)는 별도의 하드웨어에 구비되어 상기 서보모터(310)의 구동을 제어하는 소프트웨어로 구성된 것을 특징으로 하는 소문개폐부를 구비한 꿀벌통.

【청구항 6】

제5항에 있어서, 상기 소프트웨어는 양봉장의 선택, 선택된 상기 양봉장의 개별 꿀벌통 선택, 시스템 리셋 및 상기 소문의 개폐 기능을 수행할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 소문개폐부를 구비한 꿀벌통.

【청구항 7】

제6항에 있어서, 상기 소프트웨어는 제종 제어를 수행한 날짜와 제어 유형이 저장 및 출력되도록 할 수 있는 것을 특징으로 하는 소문개폐부를 구비한 꿀벌통.

【요약서】

【요약】

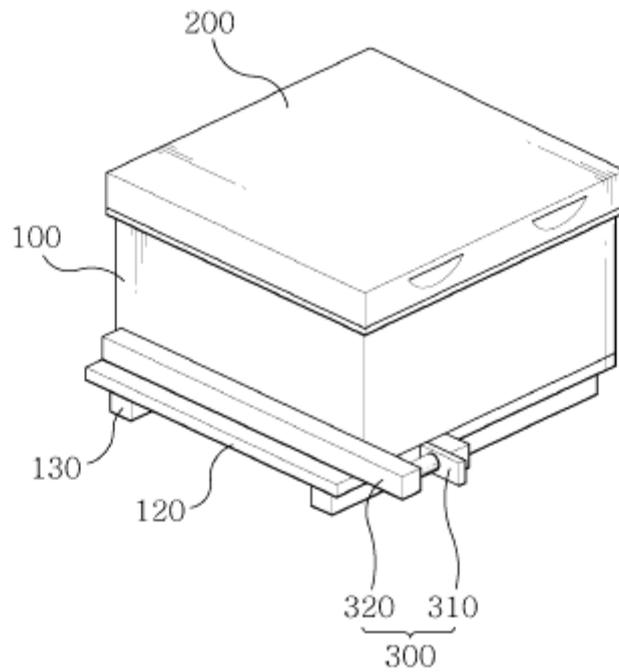
본 발명은 꿀벌통의 소문을 서버를 이용하여 개폐할 수 있는 소문개폐부를 구비한 꿀벌통에 관한 것으로, 일정한 수용공간을 구비하고 하부 일측에 소문이 절개 형성되며 상면이 개구 형성된 하우징과; 상기 하우징의 절개 형성된 상면을 선택적으로 개폐하도록 상기 하우징의 상면에 설치되는 상부커버와; 꿀벌의 생육환경을 인위적으로 조절하기 위하여 상기 소문의 개폐량을 조절할 수 있도록 하는 소문개폐부와; 무선통신을 통하여 상기 소문개폐부를 구동시킬 수 있도록 하는 통신부를 포함하여 구성됨으로써, 사용자가 서버를 통해 개폐를 제어할 수 있고 개폐 각도에 따라 소문의 개방 정도를 조절할 수 있으며, 말벌의 피해가 있

을 때는 사람이 현장에 방문하는데 걸리는 소요시간 동안 소문을 완전 폐쇄하여 1차 피해를 막고, 2차 조치를 통해 말벌을 제거할 수 있도록 함과 아울러, 야간에 꿀벌의 출입이 없을 경우에는 개방각도를 작게 하여 꿀벌의 보온활동에 대한 부담을 줄여줄 수 있는 효과가 있다.

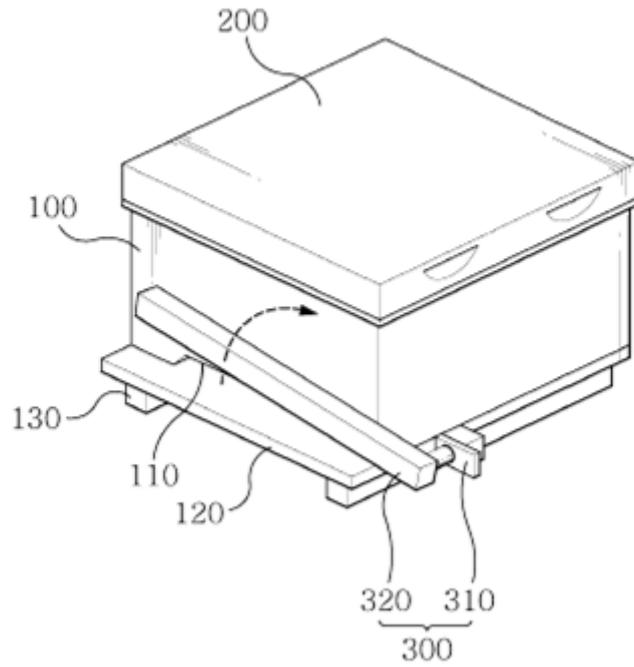
【대표도】

【도면】

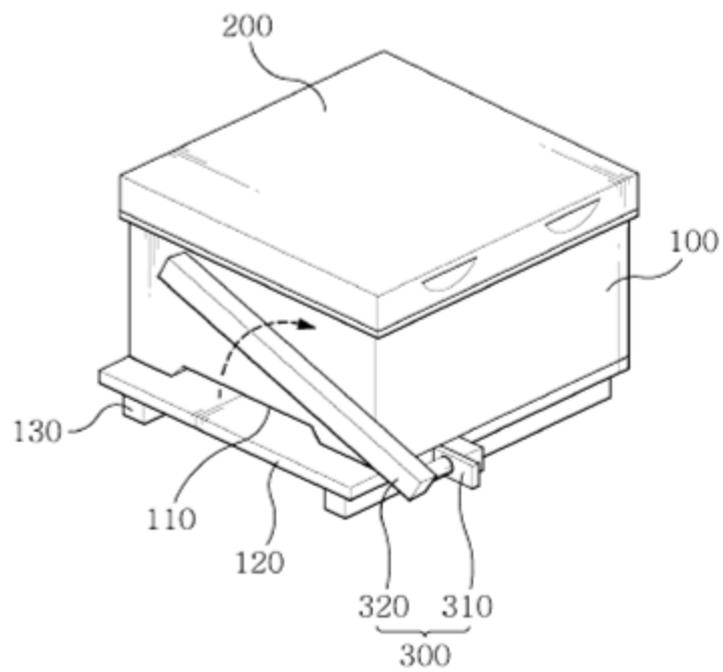
【도 1】



【도 2】



【도 3】



【도 4】



4. 전천후 서랍식 꿀벌 화분채집기

【서지사항】

【서류명】 특허출원서

【참조번호】 17562

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 제주대학교 산학협력단

【특허고객번호】 2-2004-016727-0

【대리인】

【명칭】 특허법인태웅

【대리인번호】 9-2012-100102-8

【지정된변리사】 강경찬

【발명의 국문명칭】 전천후 서랍식 꿀벌 화분채집기

【발명의 영문명칭】 Drawer type pollen collector for all weather beekeeping

【발명자】

【성명】 임윤규 김건

【출원언어】 국어

【심사청구】 청구

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 115102-3

【부처명】 농림축산식품부

【연구관리 전문기관】 농림수산식품기술기획평가원

【연구사업명】 첨단생산기술개발사업

【연구과제명】 IoT 상태모니터링 기술 기반 스마트양봉 시스템 구현 및 국가방역체계 적용

【기여율】 7/10

【주관기관】 제주대학교 산학협력단

【연구기간】 2015.12.28 ~ 2018.12.27.

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 115058-2

【부처명】 농림축산식품부

【연구관리 전문기관】 농림수산식품기술기획평가원

【연구사업명】 첨단생산기술개발사업

【연구과제명】 토종벌 정밀양봉을 위한 사물인터넷 기반 원격실시간 모니터링 시스템 개발

【기여율】 3/10

【주관기관】 제주대학교 산학협력단

【연구기간】 2015.12.18 ~ 2017.12.17.

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

전천후 서랍식 꿀벌 화분채집기 {Drawer type pollen collector for allweather beekeeping}

【기술분야】

본 발명은 꿀벌이 꽃에서 채집한 화분을 수확하기 위하여 사용되는 채분기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 채집된 화분의 우천 시 비로 인한 상품성훼손을 방지하고 대기 중 존재하는 오염물질로부터 보호하기 위하여 포집용기가 사육상 바닥, 즉 사육상의 양 다리 사이 공간에 서랍형태로 위치하도록 한 전천후 서랍식 화분채집기에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

최근 건강식품으로 각광받고 있는 양봉산물인 화분(꽃가루)이 양봉농가에 있어 벌꿀에 못지않게 양봉농가 수익 증대에 기여하고 있다.

사육상의 하단부가 고정되지 않은 구조를 가지고 있는 서양식 사육상에서는 사용자의 편의에 따라서 사육상 하단부를 자유롭게 개조나 교체가 가능하여 하단부에 서랍식 채분기를 이용하기 때문에 우천 시 비에 의해서 화분이 녹아상품성이 훼손되거나 대기 중 먼지 및 오염물질에 의한 화분의 오염의 우려가 적다.

그러나, 국내에서 주로 유통되어 사용하고 있는 사육상의 경우 사육상의 하단부가 고정되어 있고, 이러한 구조적인 한계로 현재 농가에서 이용하고 있는 착륙판형 채분기의 경우 채집된 화분이 사육상 외부에 무방비로 노출되어 있으며 서양에서 사용하는 서랍식 채분기의 적용 또한 어렵다.

또한, 저장할 수 있는 화분의 용량이 적기 때문에 화분이 저장되는 포집용기를 분리하여 벌통 전면하단에 쟁반 따위의 물체를 놓아 화분을 수집하고 있는 실정이나 이 또한 화분이

외부에 노출되어 꿀벌과 개미들이 모여드는 문제와비바람으로 인한 화분의 훼손, 오염이 불가피하다.

이러한 이유로 농가에서는 채분시 양봉장에 상주하며 우천이나 기상변화에 대비하여야 하는 번거로움이 존재한다. 또한, 양봉산업의 경우 부업이나 취미로 산업을 경영하는 경우가 타 산업에 비해 높은 편이므로 취미농가에서 화분을채집하는 경우 양봉장에 상주하여야 하는 문제는 양봉장에 상주하는 시간이 부족한부업, 취미 농가에 있어서 큰 불편을 야기하고 있는 실정이다.

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

상기와 같은 점을 감안하여 안출한 본 발명의 목적은, 포집용기가 사육상 바닥, 즉 사육상의 양 다리 사이 공간에 서랍형태로 위치하도록 하여 채집된 화분의 우천 시 비로 인한 상품성 훼손을 방지하고 대기 중 존재하는 오염물질로부터 보호할 수 있는 전천후 서랍식 화분채집기를 제공함에 있다.

【과제의 해결 수단】

상기와 같은 본 발명의 목적을 달성하기 위한 전천후 서랍식 화분채집기는, 하부 양측에 받침다리를 구비한 꿀벌통의 일측에 형성된 소문을 통하여 꿀벌이 드나들면서 꿀벌로부터 이탈되는 화분을 포집하기 위한 전천후 서랍식 화분채집기로서, 상기 소문의 전방에 설치되며 수분의 유입을 방지할 수 있도록 일정한 폭을 갖는 상면과 측면이 형성된 채분판들과; 상기 채분판들의 내부 중앙 영역에 직립되게 배치되며 꿀벌이 상기 소문을 통하여 드나들 수 있는 출입구가 형성된 채분판과; 일부 영역이 상기 채분판들의 하측에 배치되고 나머지 영역이 상기 꿀벌통의 하부에 배치되어 상기 채분판에서 낙하되는 화분이 포집되도록 하는 포집용기를; 포함한 것을 특징으로 한다.

여기서, 상기 채분판과 상기 포집용기 사이에는 이물질을 여과시키도록 판면에 망이 설치된 망판이 구비될 수 있다.

그리고, 상기 포집용기의 상면에는 상기 망판을 지지할 수 있도록하는 별도의 받침턱이 설치될 수 있다.

또한, 상기 채분판들의 양측 내면에는 상기 채분판을 상기 채분판들에 직립되게 배치시에 상기 채분판의 양측이 삽입되도록 상기 채분판들의 높이 방향을 따라 결합홈이 함몰 형성될 수 있다.

아울러, 상기 채분판의 하측에 배치되는 포집용기의 내부에는 포집되는 화분이 상기 포집용기의 내측으로 이동할 수 있도록 하는 경사면이 형성될 수 있다.

그리고, 상기 꿀벌통의 하부에 배치되는 상기 포집용기의 나머지 영역은 포집용기들의 내부에 인입출 가능하도록 설치될 수 있다. 또한, 상기 포집용기들은 상기 꿀벌통의 하면 양측에 설치된 상기 받침다리 사이에 배치될 수 있다.

【발명의 효과】

이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명에 의한 전천후 서랍식 화분채집기는, 포집용기가 사육상 바닥, 즉 사육상의 양 다리 사이 공간에 서랍형태로 위치하도록 하여 채집된 화분의 우천 시 비로 인한 상품성 훼손을 방지하고 대기 중 존재하는 오염물질로부터 보호할 수 있는 효과가 있다.

그리고, 본 발명에 의한 전천후 서랍식 화분채집기는 우천이 예상되는 상황에서도 우천에 의한 피해를 걱정하지 않고 채분기의 설치를 유지하여 채분작업을 진행할 수 있는 효과가 있다.

또한, 수집된 화분이 저장되는 화분수집부의 면적을 크게 증가시켜채분 시간을 증대할 수 있고, 화분을 회수하기 위해 양봉장을 방문 및 점검하는 횟수를 크게 감소시킬 수 있는 효과가 있다.

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전천후 서랍식 화분채집기의 구조를 도시한 분해사시도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전천후 서랍식 화분채집기의 구조를 도시한 종단면도이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 전천후 서랍식 화분채집기를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세히 설명하면 다음과 같다. 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전천후 서랍식 화분채집기의 구조를 도시한 분해사시도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전천후 서랍식 화분채집기의 구조를 도시한 종단면도이다.

이들 도면에 도시한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 전천후 서랍식 화분채집기(100)는, 하부 양측에 받침다리(1)를 구비한 꿀벌통(2)의 일측에 형성된 소문(3)을 통하여 꿀벌이 드나들면서 꿀벌로부터 이탈되는 화분을 포집하기 위한 전천후 서랍식 화분채집기(100)로서, 상기 소문(3)의 전방에 설치되며 수분의유입을 방지할 수 있도록 일정한 폭을 갖는 상면과 측면이 형성된 채분판틀(10)과; 상기 채분판틀(10)의 내부 중앙 영역에 직립되게 배치되며 꿀벌이 상기 소문(3)을 통하여 드나들 수 있는 출입구(24)가 형성된 채분판(20)과; 일부 영역이 상기 채분판틀(10)의 하측에 배치되고 나머지 영역이 상기 꿀벌통(2)의 하부에 배치되어 상

기 채분판(20)에서 낙하되는 화분이 포집되도록 하는 포집용기(40)를; 포함하여 구성되어

있다.

본 발명은 꿀벌통(2)에 형성된 소문(2)의 전방에 설치되어 벌들이 채집한 꿀과 함께 유충의 성장과 발육, 대사를 위한 단백질원 역할을 하는 중요한 꿀벌의 식량 중의 하나이면서 인간 또한 건강식품으로 이용하는 화분을 채집하는 전천후 서랍식 화분채집기(100)를 제공한다.

우선, 채분판틀(10)은 꿀벌통(2)의 일측면에 형성된 소문(3)의 전방에 배치되는 'ㄷ'자 형상의 부재로서, 상면과 양측면은 폐쇄되고 하면과 전, 후면은 개방 형성되어 꿀벌이 드나들 수 있도록 한다.

그리고, 채분판틀(10)의 양측 내면에는 채분판(20)을 채분판틀(10)에 직립되게 배치시에 채분판(20)의 양측이 삽입되도록 채분판틀(10)의 높이 방향을 따라 결합홈(11)이 함몰 형성되어 있다.

채분판(20)이 채분판틀(10)의 양측 내면에 형성된 결합홈(11)에 결합되도록 함으로서 채분판(20)이 직립되게 배치된 상태를 견고하게 유지할 수 있도록 하는 것이 효과적이다.

그리고, 채분판틀(10)의 중앙 영역에는 높이 방향을 따라 직립되게 채분판(20)이 설치되어 꿀벌들이 출입시 벌들의 다리에 모아 덩어리도 만든 화분이 통과시 떨어지도록 한다.

이러한 채분판(20)의 위치는 기존 발명의 경우 채분판틀(10) 최외곽에 위치하나 본 발명의 경우 채집된 화분의 보호에 큰 의의를 두기 때문에 채분판(20)이 채분판틀(10) 중앙 영역에 위치하도록 한다.

채분판틀(10)의 높이 방향을 따라 채분판틀(10)의 중앙 영역에 직립되게 배치되던 채분판(20)의 내부에는 꿀벌이 드나드는 통로가 되는 출입구(24)가 형성되어 있다.

채분판(20)은 벌들이 통과하면서 화분이 탈리되도록 하며, 출입구(24)는 꿀벌이 통과될 수 있는 높이를 갖도록 형성된다.

그리고, 채분판(20)으로부터 탈리된 화분이 포집되는 포집용기(40)가 채분판(20)의 하측에 배치되며, 포집용기(40)와 채분판(20) 사이에는 채집된 화분이 낙하하면서 이물질은 걸러주는 역할을 하는 망판(30)이 결합되어 있다.

망판(30)은 포집용기(40)의 상측에 위치하며 화분이 화분 포집공간으로 떨어지고 다른 이물질 등이 들어가지 않도록 걸러 주는 역할을 한다.

또한, 포집용기(40)의 상면에는 망판(30)을 지지할 수 있도록 하는 별도의 받침턱(42)이 설치되는데, 받침턱(42)은 'ㄴ'자 형상의 종단면을 갖도록 형성되어 망판(30)의 하부 전면이 망판(30)의 전면과 접촉되도록 하여 견고한 지지가 가능하도록 하는 것이 바람직하다.

받침턱(42)은 슬라이딩 방식에 의하여 채분판(20)과 포집용기(40)사이에 인입출 가능하도록 설치되어 채분판(20)을 지지할 수 있도록 하는 것이 효과적이다.

포집용기(40)는 포집용기틀(50)에 서랍형태로 슬라이드 결합 되도록 하여 화분의 수거가 용이하며 기존 특허에서 적용된 착륙판 형태의 포집용기에 비해 그 용량이 2배 이상 증가하도록 하며, 또한, 포집된 화분이 외부환경에 노출되지 않도록 한다.

채분판(20)의 하측에 배치되는 포집용기(40)의 내부에는 포집되는 화분이 포집용기(40)의 내측으로 이동할 수 있도록 하는 경사면(45)이 형성되어 포집된 화분이 낙하에너지에 의하여 포집용기(40)의 내측으로 이동할 수 있도록 하여 특정한 위치에 화분이 국부적으로 적층되는 것을 방지할 수 있도록 한다.

그리고, 꿀벌통(2)의 하부에 배치되는 포집용기(40)의 나머지 영역은 포집용기틀(50)의 내부에 인입출 가능하도록 설치되는 것이 바람직하며, 포집용기틀(50)은 꿀벌통(2)의 하면 양측에 설치된 상기 받침다리(1) 사이에 배치되도록함으로써 공간 활용도를 높일 수 있도록 하고, 외부의 충격이나 우천시에 수분으로부터 보호될 수 있도록 하는 것이 효과적이다.

본 발명은 채분판(20)이 채분판틀(10) 중앙에 위치하여 채분판(20)에 존재하는 출입구(24)를 꿀벌이 통과하면서 꿀벌의 뒷다리에서 이탈된 화분이 출입구(24) 바깥에서 포집용기(40)로 낙하하여 포집용기(40) 내부로 이동하는 과정에서 비에 젖지 않도록 하였다.

화분이 채집되어 저장되는 포집용기(40) 또한 외부에 노출되지 않는 서랍형태로 고안하여 안전하게 보호되는 구조를 갖도록 하며, 국내에서 가장 흔하게 보급되어 이용하고 있는 벌통에 쉽게 적용, 호환되도록 화분이 수집되어 저장되는 포집용기(40)를 서랍의 형태로 제작하여 꿀벌통(2)의 받침다리(1) 사이 여백의공간에 위치하도록 하여 채집되는 화분이 외부환경으로부터 차단되도록 제품을 설계하였다.

아울러, 채집된 화분이 상단에 쌓여 막히는 현상을 방지하고자 채집된 화분이 저장되는 포집용기(40)의 내부에 경사면을 형성하여 채집된 화분이 빗면을 통해 내부로 이동하도록 구성하였다.

상술한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명의 일 실시예에 따른 전천후서랍식 화분채집기는 포집용기가 사육상 바닥, 즉 사육상의 양 다리 사이 공간에서랍형태로 위치하도록 하여 채집된 화분의 우천 시 비로 인한 상품성 훼손을 방지하고 대기 중 존재하는 오염물질로부터 보호할 수 있게 된다.

이상은 본 발명에 의해 구현될 수 있는 바람직한 실시예의 일부에관하여 설명한 것에 불과하므로, 주지된 바와 같이 본 발명의 범위는 위의 실시예에 한정되어 해석되어서는 안 될 것이며, 위에서 설명된 본 발명의 기술적 사상과 그 근본을 함께 하는 기술적 사상은 모두 본 발명의 범위에 포함된다고 할 것이다.

【부호의 설명】

- 100 : 화분채집기 10 : 채분판틀
- 11 : 결합홈 20 : 채분판
- 24 : 출입구 30 : 망판
- 40 : 포집용기 45 : 경사면
- 50 : 포집용기틀

【청구범위】

【청구항 1】

하부 양측에 받침다리(1)를 구비한 꿀벌통(2)의 일측에 형성된 소문(3)을 통하여 꿀벌이 드나들면서 꿀벌로부터 이탈되는 화분을 포집하기 위한 전천후 서랍식 화분채집기로서, 상기 소문(3)의 전방에 설치되며 수분의 유입을 방지할 수 있도록 일정한 폭을 갖는 상면과 측면이 형성된 채분판틀(10)과; 상기 채분판틀(10)의 내부 중앙 영역에 직립되게 배치되며 꿀벌이 상기 소문(3)을 통하여 드나들 수 있는 출입구(24)가 형성된 채분판(20)과; 일부 영역이 상기 채분판틀(10)의 하측에 배치되고 나머지 영역이 상기 꿀벌통(2)의 하부에 배치되어 상기 채분판(20)에서 낙하되는 화분이 포집되도록 하는 포집용기(40)를; 포함한 것을 특징으로 하는 전천후 서랍식 화분채집기.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 채분판(20)과 상기 포집용기(40) 사이에는 이물질을 여과시키도록 판면에 망이 설치된 망판(30)이 구비된 것을 특징으로 하는 전천후 서랍식 화분채집기.

【청구항 3】

제2항에 있어서, 상기 포집용기(40)의 상면에는 상기 망판(30)을 지지할 수 있도록 하는 별도의 받침턱(42)이 설치된 것을 특징으로 하는 전천후 서랍식 화분채집기.

【청구항 4】

제1항에 있어서, 상기 채분판틀(10)의 양측 내면에는 상기 채분판(20)을 상기 채분판틀(10)에 직립되게 배치 시에 상기 채분판(20)의 양측이 삽입되도록 상기 채분판틀(10)의 높이 방향을 따라 결합홈(11)이 함몰 형성된 것을 특징으로 하는 전천후 서랍식 화분채집기.

【청구항 5】

제1항에 있어서, 상기 채분판(20)의 하측에 배치되는 상기 포집용기(40)의 내부에는 포집되는 화분이 상기 포집용기(40)의 내측으로 이동할 수 있도록 하는 경사면(45)이 형성된 것을 특징으로 하는 전천후 서랍식 화분채집기.

【청구항 6】

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 꿀벌통(2)의 하부에 배치되는 상기 포집용기(40)의 나머지 영역은 포집용기틀(50)의 내부에 인입출 가능하도록 설치된 것을 특징으로 하는 전천후 서랍식 화분채집기.

【청구항 7】

제6항에 있어서, 상기 포집용기틀(50)은 상기 꿀벌통(2)의 하면 양측에 설치된 상기 받침다리(1) 사이에 배치된 것을 특징으로 하는 전천후 서랍식 화분채집기.

【요약서】

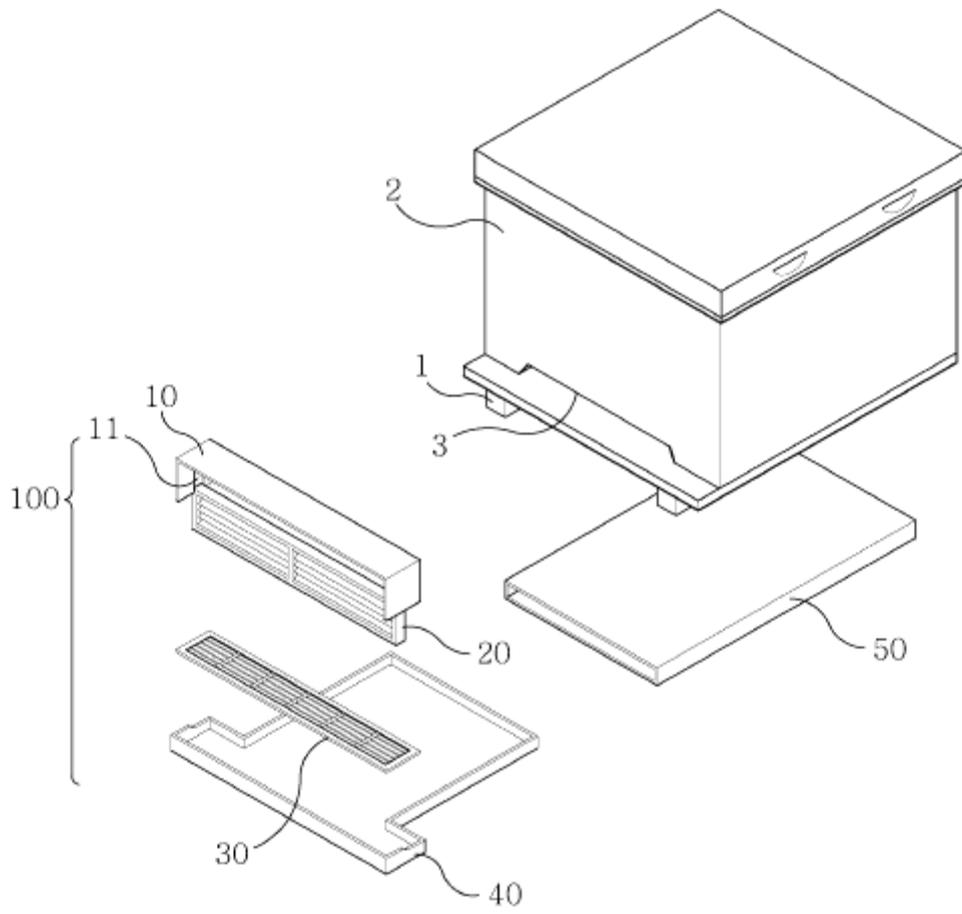
【요약】

본 발명은 채집된 화분이 우천 시 비로 인한 상품성 훼손을 방지하고 대기 중에 존재하는 오염물질로부터 보호할 수 있는 전천후 서랍식 화분채집기에 관한 것으로, 하부 양측에 받침다리를 구비한 꿀벌통의 일측에 형성된 소문을 통하여 꿀벌이 드나들면서 꿀벌로부터 이탈되는 화분을 포집하기 위한 전천후 서랍식 화분채집기로서, 상기 소문의 전방에 설치되며 수분의 유입을 방지할 수 있도록 일정한폭을 갖는 상면과 측면이 형성된 채분판들과; 상기 채분판들의 내부 중앙 영역에 직립되게 배치되며 꿀벌이 상기 소문을 통하여 드나들 수 있는 출입구가 형성된 채분판과; 일부 영역이 상기 채분판들의 하측에 배치되고 나머지 영역이 상기 꿀벌통의 하부에 배치되어 상기 채분판에서 낙하되는 화분이 포집되도록 하는 포집용기틀; 포함하여 구성됨으로써, 포집용기가 사육상 바닥, 즉 사육상의 양 다리 사이 공간에 서랍형태로 위치하도록 하여 채집된 화분의 우천 시 비로 인한 상품성 훼손을 방지하고 대기 중 존재하는 오염물질로부터 보호할 수 있는 효과가 있다.

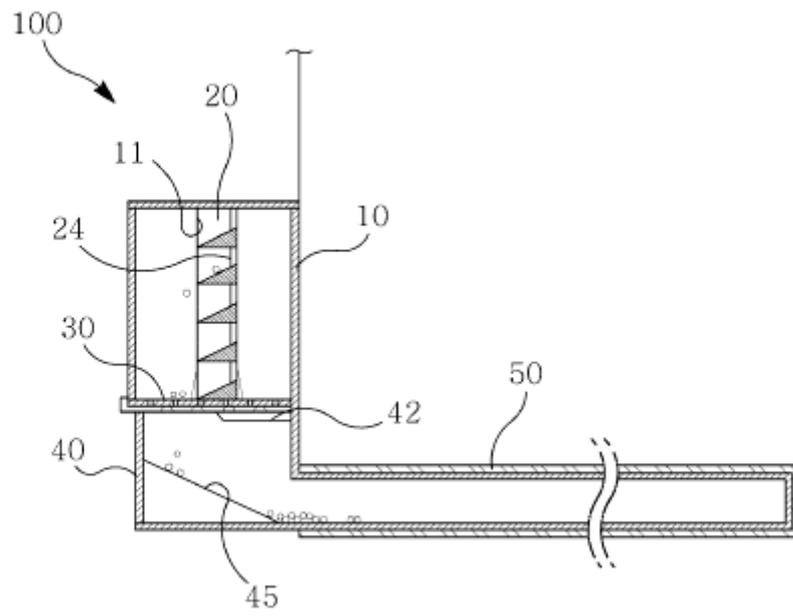
【대표도】

【도면】

【도 1】



【도 2】



제 12장 참고문헌

- Anderson, D. L., 1993. Pathogens and queen bees. *Australasian Beekeeper*. 94: 292-296.
- Anderson, D., 2000. Variation in the parasitic bee mite *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie* 31: 281-292.
- Anderson, D.L. and H. Giaccon. 1992. Reduced pollen collection by honeybee (Hymenoptera, Apidae) colonies infection with *Nosema apis* and sacbrood virus. *J. Econ. Entomol.* 85: 47-51.
- Anonymous., 2008. Bee mortality and bee surveillance in Europe. *The EFSA Journal* 154, 1-28.
- Antunez, K., D' Alessandro, B., Corbella, E., Ramallo, G., Zunino, P., 2006. Honeybee viruses in Uruguay. *J. Invertebr. Pathol.* 93, 67-70.
- Atkins, E.L. Jr., Anderson, L.D., and Greywood, E. A., 1970. Research on the effect of pesticides on honeybees. *Am. Bees. J.* 110, 1968-1969.
- B. Heinrich. 1981. The mechanism and energetics of honeybee swarm temperature regulation. *J. exp. Biol*, 91: 25-55.
- Bailey, L. 1964. The multiplication and spread of Sacbrood virus of bees. *Annals of Applied Biology*. 63:486-491.
- Bailey, L. 1975. Recent research on honey bee viruses. *Bee World*. 56(4):55-64.
- Bailey, L. 1981. Honey bee pathology. *Annu. rev. Entomol.*, 13:191-212.
- Bailey, L. and Ball, B.V., 1991. Honey bee pathology. Academic press, London & New York.
- Bailey, L., A.J. Gibbs and R.D. Woods. 1963. Two viruses from adult honey bees (*Apis mellifera* Linnaeus). *Virology* 21: 390-395.
- Bailey, L., A.J. Gibbs and R.D. Woods. 1968. The purification and properties of chronic bee-paralysis virus. *J. Gen. Virol.* 2: 251-260.
- Bailey, L., and Woods, R. D. 1977. Two more small RNA viruses from honey bee and further observation on sacbrood and acute bee paralysis viruses. *J. Gen. Virol.* 37: 175-182.
- Bailey, L., Ball, B. V. and J. N. Perry. 1983. Association of viruses with two protozoal pathogens of the honey bee. *Ann. Appl. Biol.* 103:13-20.
- Bailey, L., Fernando, E.F.W., 1972. Effects of sacbrood virus on adult honey bees. *Ann. Appl. Biol.* 72, 27-35.
- Bakhiet, N., and Stahly, D.P. 1985. Ultrastructure of sporulating *Bacillus larvae* in a broth medium. *Appl. Environ. Microbiol.*, 50, 690-692.
- Ball, B. V. and M. F. Allen. 1988. The pre- valence of pathogens in honey bee(*Apis mellifera*) colonies in fested with the parasitic mite *Varroa Jacobsoni*. *Ann. Appl. Biol.* 113:237-244.

- Bamirick, J.F. 1964, Resistance to american foulbrood in honeybees. V. Comparative pathogenesis in resistant and susceptible larvae. *J. Insect Pathol.* 6, 284-304.
- Belloy, L., Imdorf, A., Fries, I., Forsgren, E., Berthoud, H., Kuhn, R., Charriere, J. (2007). Spatial distribution of *Melissococcus plutonius* in adult honeybees collected from apiaries and colonies with and without symptoms of European foulbrood. *Apidologie* 38:136-140.
- Benjeddou, M., L. Leat, M. Allsopp and S. Favisson. 2001. Detection of Acute Bee Paralysis Virus and Black Queen Cell Virus from Honeybee by Reverse Transcriptase PCR. *Applied and Environmental Microbiology.* 67:2384-2387.
- Berenyi, O., Bakonyi, T., Derakhshifar, I., Kogelberger, H., Nowotny, N., 2006. Occurrence of six honeybee viruses in diseased Austrian apiaries. *Appl. Environ. Microbiol.* 72, 2414-2420.
- Blanchard, P., Iscache, A.L., Olivier, V., Celle, O., Schurr, F., Ribiere, M., 2008. Improvement of RT-PCR detection of Chronic bee paralysis virus (CBPV) required by the description of genomic variability in French CBPV isolates. *Journal of Invertebrate Pathology* 97, 182-185.
- Blanchard, P., Ribiere, M., Celle, O., Lallemand, P., Schurr, F., Olivier, V., Iscache, A.L., Faucon, J.P., 2007. Evaluation of a real-time two-step RT-PCR assay for quantitation of Chronic bee paralysis virus (CBPV) genome in experimentally-infected bee tissues and in life stages of a symptomatic colony. *Journal of Virological Methods* 141, 7-13.
- Blomstrom, Anne-Lie, Mikhayil Hakhverdyan, Scott M.Reid, Juliet P. Dukes, Donald P. King, Sandor Belak and Mikael Berg. 2008. A one-step reverse transcriptase loop-mediated isothermal amplification assay for simple and rapid detection of swine vesicular disease virus. *J. Virol. Methods* 147(1): 188-193.
- Boot, W.J., Tan, N.Q., Dien, P.C., Huan, L.V., Dung, N.V., Long, L.T., Beetsma, J. 1996. Reproductive success of *Varroa jacobsoni* in brood of its original host, *Apis cerana*, in comparison to that of its new host, *Apis mellifera*. *Bull. Entomol. Res.* 87: 119-126.
- Boram Lee, Phu Van Nguyen, Soon-Bok Lee, Byoungsu Yoon. 2012. Identification of Kakugo Virus in Honeybees from Korea. *Journal of Apiculture.* 27(1) : 45-49
- Broodsgaard, C., Ritter, W., and Hansen, H. 1998. Response of in vitro reared honey bee larvae to various doses of *Paenibacillus larvae* larvae spores. *Apidologie* 29: 569-578.
- Cacace, M. G., Landau, E. M., Ramsden, J. J., 1997. The Hofmeister; salt and solvent effects on interfacial phenomena. *Q. Rev. Biophys.* 30:241-277.
- Carver, J., and Walker, W.A., 1995. The role of nucleotides in human nutrition. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 6: 58-72.

- Chaivisuthangkura, P., Longyant, S., Hajimasalaeh, W., Sridulyakul, P., Rukpratanporn, S., Sithigorngul, P., 2010a. Improved sensitivity of Taura syndrome virus immunodetection with a monoclonal antibody against the recombinant VP2 capsid protein. *J Virol Methods* 163:433-439
- Chaivisuthangkura, P., Longyant, S., Rukpratanporn, S., Srisuk, C., Sridulyakul, P., Sithigorngul, P., 2010b. Enhanced white spot syndrome virus (WSSV) detection sensitivity using monoclonal antibody specific to heterologously expressed VP19 envelope protein. *Aquaculture* 299, 15-20.
- Chakrabarti, Satadal and Manna, Buddhadeb. Effect of microsporidian infection on reproductive potentiality on mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) in different seasons. *Int. J. Indust. Entomol.* 17(1), 157-163, 2008
- Chen, Y.P., Higgins, J.A., Feldlaufer, M.F., 2005. Quantitative real-time reverse transcription-PCR analysis of deformed wing virus infection in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Appl. Environ. Microbiol.* 71, 436-441.
- Cho, Y.K., J.T. Kim, Y.S. Lee, Y.A. Kim, K. Namkoong, H.K. Lim, K.W. Oh, Sh.H. Kim, J.I. Han, C.S. Pak, C.S. Ki, J.R. Choi, H.K. Myeong, C. Ko 2006. Clinical evaluation of micro-scale chip-based PCR system for rapid detection of hepatitis B virus. *Biosens. Bioelectron.* 21: 2161-2169.
- Choi, Y.S., M.Y. Lee, I.P. Hong, N.S. Kim, H.K. Kim, K.G. Lee, M.L. Lee. 2010. Occurrence of Sacbrood Virus in Korean Apiaries from *Apis cerana* (Hymenoptera: Apidae). *J. Apiculture.* 25(3):187-191.
- Cox-Foster, D.L., S. Conlan, E.C. Holmes, G. Palacios, J.D. Evans, N.A. Moran, P.L. Quan, T. Briese, M. Hornig, D.M. Geiser, V. Martinson, D. vanEngelsdorp, A.L. Kalkstein, A. Drysdale, J. Hui, J. Zhai, L. Cui, S.K. Hutchison, J.F. Simons, M. Egholm, J.S. Pettis and W. Ian Lipkin. 2007. A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. *Science* 318: 283-287.
- Crailsheim, K. and Riessberger-Gallè, U. 2001. Honey bee age-dependent resistance against American foulbrood. *Apidologie* 32: 91-103.
- De Miranda, J.R., M. Drebot, S. Tyler, M. Shen, C. Cameron, E., Stoltz, D.B. and S.M. Camazine. 2004. Complete nucleotide sequence of Kashmir bee virus and comparison with acute bee paralysis virus. *Journal of General Virology.* 85: 2263-2270.
- Deans, A. S. C. 1940. Chalkbrood. *Bee World.* 21(4):46-51.
- Delaplane, K. (1998). Strictly for the hobbyist: European foulbrood and its control. *American Bee Journal* 138(10): 736-737.
- Deredec, A., Courchamp, F. (2003) Extinction thresholds in host-parasite dynamics. *Ann. Zool.*

Fennici 40: 115-130.

- Dharam P.A. 2006. DEFENSIVE BEHAVIOUR OF *Apis cerana* F. AGAINST PREDATORY WASPS *Journal of Apicultural Science*. 50(2): 39-46.
- Diana L. Cox-Foster, Sean Conlan, Edward C. Holmes, Gustavo Palacios, Jay D. Evans, Nancy A. Moran, Phenix- Lan Quan, Thomas Briese, Mady Hornig, David M. Geiser, Vince Martinson, Dennis vanEngelsdorp, Abby L. Kalkstein, Andrew Drysdale, Jeffrey Hui, Junhui Zhai, Liwang Cui, Stephen K. Hutchison, Jan Fredrik Simons, Michael Egholm, Jeffery S. Pettis and W. Ian Lipkin. 2007. A Metagenomic Survey of Microbes in Honey Bee Colony Collapse Disorder. *Science* 318: 283-287.
- Djordjevic, S. P., Noone, K., Smith, L, and Hornitzky, M. A. Z. (1998). Development of a hemi-nested PCR assay for the specific detection of *Melissococcus plutonius*. *Journal of Apicultural Research* 37(3):165-174.
- Dunn, J.D. and J.J. Killion. 1998. Effect of mellitin on pituitary adrenal responsiveness to stress. *Acta. Endocrinol.* 119: 339-344.
- Eva Crane. 1997. The past and present importance of bee products to man. in *Bee products properties, applications, and therapy*. Plenum press. 1-8.
- Evans, J.D. and A.C. Hung. 2000. Molecular phylogenetics and the classification of honey bee viruses. *Arch. Virol.* 145: 2015-2026.
- F. HUBER 1814 *Nouvelles Observations Sur Les Abeilles II*(New observations on bees, I and II.) Translation 1926. Dadant; Hamilton, Ill.
- Forsgren, E., Lundhagen, A. C., Imdorf, A., and Fries, I. (2005). Distribution of *Melissococcus plutonius* in honeybee colonies with and without symptoms of European foulbrood. *Microbial Ecology* 50:369-374.
- Forsgren, E., Wei, S., Guiling, D. et al. 2015. Preliminary observations on possible pathogen spill-over from *Apis mellifera* to *Apis cerana*. *Apidologie* 46: 265-275.
- FREE J. B. & SIMPSON J. (1963) The respiratory metabolism of honeybee colonies at low temperatures. *Enf. exp. appl.* 6: 234-248.
- FREE J. B. & SPENCER-BOOTH, Y. 1958. Observations on the temperature regulation and food consumption of honeybees (*Apis mellifera*). *J. r' up. Biol.* 35: 930-937.
- Fries, I. 2011. Diseases of Asian honeybees. In: Hepburn, R., Radloff, S.E. (eds.) *Asian honeybees*, 333-345.
- Fries, I., Feng, F., Da Silva, A., Slemenda, S.B., Pieniazek, N. J.. 1996. *Nosema ceranae* n. Sp. (Microspora, Nosematidae), morphological and molecular characterization of a microspoidian parasite of the Asian honey bee *Apis cerana* (Hymenoptera, Apidae). *European Journal of Protistology.* 32: 356-365.

- Fries, I., G. Ekbohm and E. Villumstad. 1984. *Nosema apis*, sampling techniques and honey yield. *J. Apicult. Res.* 23: 102-105.
- Fries, I., R. Martín, A. Meana, P. García-Palencia and M. Higes. 2006. Natural infection of *Nosema ceranae* in European honey bees. *J. Apicult. Res.* 45: 230-233.
- Fujiyuki, T., E. Matsuzaka, T. Nakaoka, H. Takeuchi, A. Wakamoto, S. Ohka, K. Sekimizu, A. Nomoto and T. Kubo. 2009. Distribution of Kakugo Virus and Its Effects on the Gene Expression Profile in the Brain of the Worker Honeybee *Apis mellifera* L. *Journal of Virology* 83(22): 11560-11568.
- Fujiyuki, T., H. Takeuchi, M. Ono, S. Ohka, T. Sasaki, A. Nomoto and T. Kubo. 2004. Novel Insect Picorna-Like Virus Identified in the Brains of Aggressive Worker Honeybees. *Journal of Virology* 78(3): 1093-1100.
- Fujiyuki, T., H. Takeuchi, M. Ono, S. Ohka, T. Sasaki, A. Nomoto and T. Kubo. 2005. Kakugo virus from brains of aggressive worker honeybees. *Adv. Virus Res.* 65: 1-27.
- G.C. Roma, O.C. Bueno, M. Izabel, C. Mathiasa 2010. Morpho-physiological analysis of the insect fat body: A review. *Micron.* 41(5): 395-401.
- Garrido, C., Rosenkranz, P. 2004. Volatiles of the honey bee larva initiate oogenesis in the parasitic mite *Varroa destructor*. *Chemoecology* 14: 193-197.
- Genersch, E. 2010. American foulbrood in honeybees and its causative agent, *Paenibacillus larvae*. *J. Invertebr. Pathol.* 103: S10-S19.
- Genersch, E., 2005. Development of a rapid and sensitive RT-PCR method for the detection of deformed wing virus, a pathogen of the honeybee (*Apis mellifera*). *Vet. J.* 169(1): 121-123.
- Ghandehari, H., and Cappello, J., 1998. Genetic engineering of proteinbased polymers: Potential in controlled drug delivery - Commentary. *Pharm Res*, 15, 813-815.
- Ghosh, R.C., B.V. Ball, M.M. Willcocks and M.J. Carter. 1999. The nucleotide sequence of sacbrood virus of the honey bee: an insect picorna-like virus. *Journal of General Virology.* 80: 1541-1549.
- Giang, T.H.L., J.S. Lee, S.J. Yong and B.S. Yoon. 2015. Development of ultra-rapid reverse transcription real-time PCR for detection against Black queen cell virus in honeybee. *J. Apiculture* 30(3): 171-179.
- Golemis, E., 2002. Protein-protein interaction: a molecular cloning manual, New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press. pp. 329-330.
- Govan, V. A., Allsopp, M.H., and Davison S., 1999. A PCR detection methods for rapid identification of *Paenibacillus larvae*, *Appl. Environ. Microbiol.*, 65, 2243-2245.
- Govan, V.A., Brozel, V., Allsopp, M.H. & Davison, S. (1998). A PCR detection method for rapid

- identification of *Melissococcus plutonius* in honeybee larvae. *Applied and Environmental Microbiology*. 64, 1983-1985
- Govan, V.A., N. Leat, M. Allsopp and S. Davison. 2000. Analysis of the complete genome sequence of acute bee paralysis virus shows that it belongs to the novel group of insect-insecting RNA viruses. *Virology* 277: 457-463.
- Grabensteiner, E., Bakonyi, T., Ritter, W., Pechhacker, H., Nowotny, N., 2007. Development of a multiplex RT-PCR for the simultaneous detection of three viruses of the honeybee (*Apis mellifera* L.): acute bee paralysis virus, Black queen cell virus and Sacbrood virus. *J. Invertebr. Pathol.* 94, 222-225.
- Grabensteiner, E., Ritter, W., Carter, M.J., Davison, S., Pechhacker, H., Kolodziejek, J., Boecking, O., Derakhshifar, I., Moosbeckhofer, R., Licek, E., Nowotny, N., 2001. Sacbrood virus of the honeybee (*Apis mellifera*): rapid identification and phylogenetic analysis using reverse transcription-PCR. *Clin. Diagn. Lab. Immunol.* 8,93-104.
- Han, S.H., Choi, Y.S., Lee, M.L.. 2011. Development of Highly Specific Quantative Real-Time PCR Method for the Detection of Sacbrood Virus in Korean Honeybees, *Apis cerana*. *Korean J. Apiculture.* 26(3): 233-240.
- Harlow E., Lane, D., 1999. *Using Antibodies: a laboratory manual*, Cold Spring Harbour Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York, 495 p.
- Hatakeyama, Yoshinori., Shoji Hayasaka. A new method of pebrine inspection of silkworm egg using multiprimer PCR. *Journal of Invertebrate Pathology.* 82, 148-151, 2003
- Heath LAF and Gaze BM. 1987. Carbon dioxide activation of spores of the chalkbrood fungus *Ascosphaera apis*. *Journal of Apicultural Research* 26(4):243-246.
- Hee-Young Lim, Byoung-Su Yoon 2013. Rapid and Sensitive detection of Deformed Wing Virus (DWW) in Honeybee using Ultra-rapid Real-time PCR. *한국양봉학회지*, 28(2) : 121-129
- Hee-Young Lim, Joong-Goo Lee, Soon-Bok Lee, Ok-Min Lee , ByoungSu Yoon 2013. Application of Digital Infrared Thermal Imaging (DITI) as a Diagnostic Method for the Fate of Honeybee Colonies *한국양봉학회지*, 28(2): 147-153
- Heskins, M., and Guillet, J. E., 1968. Solution properties of poly (Nisopropylacrylamide). *J. Macromol. Sci. Chem.* 2:1441-1455.
- Higes, M., Raquel Martín, R., Meana, A. 2006. *Nosema ceranae*, a new microsporidian parasite in honeybees in Europe. *J. Invertebr. Pathol.* 92: 93-95
- Hongxia A., Xun Y., Richou H., 2012. Occurrence and prevalence of seven bee viruses in *Apis mellifera* and *Apis cerana* apiaries in China. *Journal of Invertebrate Pathology.* 109(1): 160-164.

- Hornitzky, A.Z. and Smith, L. (1998). Procedures for the culture of *Melissococcus plutonius* from diseased brood and bulk honey samples. *Journal of Apicultural Research* 37, 293-294.
- Hornitzky, M. A. Z. and Smith, L. A. (1999). Sensitivity of Australian *Melissococcus plutonius* isolates to oxytetracycline hydrochloride. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 39:881-883.
- Huang, W., Jiang, J., Chen, Y., Wang, C. 2007. A *Nosema ceranae* isolate from the honeybee *Apis mellifera*. *Apidologie* 38: 30-37.
- Ichino H., Okada I. 1994. Japanese honey bees living in hornet nest. *Honeybee Science*. 15(3): 123-124.
- J. Tautz. Phänomen honigbiene. 유영미 번역. '경이로운 꿀벌의 세계', 이치사이언스. 2007.
- J.M. Flores, J.A. Ruiz, J.M. Ruz, F. Puerta M. Bustos, F. Padilla, F. Campano 1996. Effect of temperature and humidity of sealed brood on chalkbrood development under controlled conditions. *Apidologie*. 27: 185-192.
- Joong-Goo Lee, Phu Van Nguyen, Baek Jun Soo, Hee-Young Lim 2013. Detection of Capsid Protein of Sacbrood Virus in Honeybee using Monoclonal Antibodies. *한국양봉학회지*, 28(2): 113-120
- Joung, K. B. and Cote, J. C. (2002). Evaluation of ribosomal RNA gene restriction patterns for the classification of *Bacillus* species and related genera. *J Appl Microbiol* 92, 97-108.
- K.M. Doull 1976. The effects of different humidities on the hatching of the eggs of honeybees. *Apidologie* 7(1): 61-66.
- Kanbar, G., and Engels, W. (2003). Ultrastructure and bacterial infection of wounds in honey bee (*Apis mellifera*) pupae punctured by *Varroa mites*. *Parasitology Research* 90:349-354.
- Keith M.D. 1976. The effects of different humidities on the hatching of the eggs of honeybees. *Apidologie*. 7(6): 61-66.
- Ken T., Shuang Y., Zheng W.W., Sarah E.R., Benjamin P.O. 2012. Differences in foraging and broodnest temperature in the honey bees *Apis cerana* and *A. mellifera*. *Apidologie*. 43: 618-623.
- Klee, J., Besana, A.M., Genersch, E., Gisder, S., Nanetti, A., Tam, D.Q., Chinh, T.X., Puerta, F., Ruz, J.M., Kryger, P., Message, D., Hatjina, F., Korpela, S., Fries, I., Paxton, R.J. 2007. Widespread dispersal of the microsporidian *Nosema ceranae*, an emergent pathogen of the western honey bee, *Apis mellifera*. *J. Invertebr. Pathol.* 96: 1-10.
- Klein, A.M., B.E. Vaissière, J.H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S.A. Cunningham, C. Kremen and T. Tschamntke. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B*. 274: 303-313.

- Koeniger N., Fuchs S. 1973. Sound production as colony defence in *Apis cerana*. Proc Int IUSSI Congr. 7: 199–204.
- Krupp, J.J., C. Kent, J.C. Billeter, R. Azanchi, A.K.C. So, J.A. Schonfeld, B.P. Smith, C. Lucas and J.D. Levine. 2008. Social experience modifies pheromone expression and mating behavior in male *Drosophila melanogaster*. Curr. Biol. 18: 1373–1383.
- Kukielka, D., Esperon, F., Higes, M., Sanchez–Vizcaino J. M., 2008. A sensitive one-step real-time RT-PCR method for detection of deformed wing virus and black queen cell virus in honeybee *Apis mellifera*. J. Virol. Methods. 147: 275–281.
- Kukielka, D., Sanchez–Vizcaino, J.M., 2009. One-step real-time quantitative PCR assays for the detection and field study of Sacbrood honeybee and Acute bee paralysis viruses. J. Virol. Methods 161, 240–246.
- LACNER V. 1964. Elektrophysiologische Untersuchungen an einzelnen Rezeptoren für Geruch, Kohlendioxyd, Luftfeuchtigkeit und Temperatur auf den Antennen der Arbeitsbiene und der Drohne (*Apis mellifera* L.). Z. wgl. Physiol. 48: 587–623.
- LACNER V. 1967. Verhaltensreaktionen der Bienenarbeiterin bei Dressur auf Kohlendioxyd. Z. ver& Physiol. 54: 74–84.
- Lange, H., Hecht, O., Zemlin, M., Trad, A., Tanasa, R.I., Schroeder Jr., H.W., and Lemke, H. 2012. Immunoglobulin class switching appears to be regulated by B cell antigen receptor-specific T cell action. Eur. J. Immunol. 42(4): 1016–1029.
- Lanzi, G., J.R. de Miranda, M.B. Boniotti, C.E. Cameron, A.Lavazza, L. Capucci, S.M. Camazine and C. Rossi. 2006. Molecular and biological characterization of deformed wing virus of honeybees (*Apis mellifera* L.). Journal of virology 80: 4998–5009.
- Larsson, R. 1986. Ultrastructure, function, and classification of Microsporidia. Prog. Protistol. 1: 325–390.
- Lauro, F.M., Favaretto, M., Covolo, L., Rassa, M. and Bertoloni, G. 2003. Rapid detection of *Paenibacillus larvae* from honey and hive samples with a novel nested PCR protocol. Int. J. Food Microbiol., 81(3), 195–201.
- Leat, N., B. Ball, B. Govan and S. Davison. 2000. Analysis of the complete genome sequence of black queen cell virus, a picorna-like virus of honey bees. Journal of General Virology 81: 2111–2119.
- Levin, M.D. 1983. Value of bee pollination to U.S. Agriculture. Bull. Ent. Soc. Am. 29: 50–51
- Li J., Qin H., Wu J., Sadd B. M., Wang X., et al. 2012. The Prevalence of Parasites and Pathogens in Asian Honeybees *Apis cerana* in China. PLoS ONE 7(11): e47955.
- Li, B., Alonso, D. O. V., Bennion, B. J., Daggett, V., 2001a. Hydrophobic hydration is an important source of elasticity in elastin-based biopolymers. J. Am. Chem. Soc.

123:11991–11998.

- Li, B., Alonso, D. O. V., Daggett, V., 2001b. The molecular basis for the inverse temperature transition of elastin. *J. Mol. Biol.* 305:581–592.
- Lindström, A., Korpela, S. and Fries, I. 2008. The distribution of *Paenibacillus* larvae spores in adult bees and honey and larval mortality, following the addition of American foulbrood diseased brood or spore-contaminated honey in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *J. Invertebr. Pathol.* 99: 82–86.
- Luan, C. H., and Urry, D. W., 1991. Solvent deuteration enhancement of hydrophobicity:DSC study of the inverse temperature transition of elastin-based polypeptides. *J. Phys. Chem.* 95:7896–7900.
- M. D. Baker, E. W. Baker. 1982. Notes on honey bee mites of the genus *Acarapis* hirst (Acari:Tarsonemidae), *International Journal of Acarology.* 8(4): 211–226.
- Ma, M., C. Ma, M. Li, S. Wang, S. Yang and S. Wang. 2011. Loop-mediated isothermal amplification for rapid detection of Chinese sacbrood virus. *J. Virol. Methods.* 176:115–119
- Maassen, A. 1913. Weitere Mitteilungen über die seuchenhaften Brutkrankheiten der Bienen [Further communication on the epidemic brood disease of bees]. *Mitteilungen aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft.* 14:48–58.
- Maori, E., L. Shai, M.K. Rita, G. Uulia, P. Yuval, E. Orit, T. Edna and S. Ilan. 2007. Isolation and characterization of Israel acute paralysis virus, a dicistrovirus affecting honeybees in Israel: evidence for diversity due to intra- and inter-species recombination. *Journal of General Virology* 88: 3428–3438.
- Mariano Higes, Pilar Garcia-Palencia, Raquel Martín-Hernández, Aranzazu Meana. 2007. Experimental infection of *Apis mellifera* honeybees with *Nosema ceranae* (Microsporidia). *Journal of Invertebrate Pathology.* 94: 211–217.
- Martin, S.J. 2001. The role of *Varroa* and viral pathogens in the collapse of honeybee colonies: a modeling approach, *J. Appl. Ecol.* 38: 1082–1093.
- Matsuura M. 1988. Ecological study on Vespine wasps (Hymenoptera: Vespidae) attacking honeybee colonies. I. Seasonal changes in the frequency of visits to apiaries by vespine wasps and damage inflicted, especially in the absence of artificial protection. *Applied Entomology and Zoology*, 23(4): 428–440.
- Matsuura M., Sakagami S.F. 1973–A bionomic sketch of the giant hornet, *Vespa mandarinia*, a serious pest for Japanese apiculture. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series VI, Zoology*, 19(1): 125–162.
- Maurizio A. 1934. Über die Kaltbrut (*Pericystis-Mykose*) der Bienen. *Archiv für Bienenkunde*

15:165–193.

- McKee, B. A., Goodman, R. D., and Hornitzky, M. A. (2004). The transmission of European foulbrood (*Melissococcus plutonius*) to artificially reared honeybee larvae (*Apis mellifera*). *Journal of Apicultural Research* 43(3):93–100.
- Meyer, D. D., Trbbic-Carlson, K., Chilkoti, A., 2001. Protein purification by fusion with an environmentally responsive elastin-like polypeptide: Effect of polypeptide length on the purification of thioredox in. *Biothcnol. Prog.* 17: 220–728.
- Meyer, D. E. and Chikoti, A., 1999. Purification of recombinant proteins by fusion with thermally responsive polypeptides. *Nat. Biotechnol.* 17:1112–1115.
- Meyer, D. E., Chilkoti, A., 2002. Genetically encoded synthesis of proteinbased polymers with precisely specified molecular weight and sequence by recursive directional ligation: examples from the elastin-like polypeptide system. *Biomacromolecules.* 3:357–367.
- Mingxiao, M., Chen, M., Mng, L., Shuquan, W., Song, Y., Shude, W., 2012. Loop-mediated isothermal amplification for rapid detection of Chinese sacbrood virus. *Journal of Virological Methods* 176, 115– 119.
- Miyagi, T., Peng, C. Y. S., Chuang, R. Y., Mussen, E. C., Spivak, M. S., and Doi, R. H. (2000). Verification of oxytetracycline-resistant American foulbrood pathogen *Paenibacillus larvae* in the United States. *Journal of Invertebrate Pathology* 75(1): 95–96.
- Morse, R. A. and N. W. Calderone. 2000. The value of honey bee pollination in the United States. *Bee Cult.* 128:1–15.
- Morse, R. and N.W. Calderone. 2000. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. *Bee Cult.* 128: 1–15.
- Morse, R.A. 1978. Introduction. pp. 13–22. In *Honey bee pests, predators, and diseases*, ed. by R. A. Morse. 430p. Cornell Univ., Ithaca.
- Motoki G., Eiichi H., Atsuo O., Akio N., Ken H. 2009. Colorimetric detection of loop-mediated isothermal amplification reaction by using hydroxy naphthol blue. *BioTechniques*, Vol. 46, No. 3, pp. 167–172.
- Nagamine, K., T. Hase and T. Notomi. 2002. Accelerated reaction by loop-mediated isothermal amplification using loop primers. *Molecular and Cellular Probes* 16(3): 223–229.
- Nagapudi, K., Brinkman, W. T., Leisen, J. E., Huang, L., McMillan, R. A., Apkarian, R. P., Conticello, V. P., Chaikof, E. L., 2002. Photomediated solidstate cross-linking of an elastin-mimetic recombinant protein polymer. *Macromolecules.* 35:1730–1737.
- NAGY, K. A. & STALLONE, J. N. (1976). Temperature maintenance and CO₂ concentration in a swarm cluster of honeybees, *Apis mellifera*. *Comp. Biochem. Physiol.* 55A, 160–171, 1976.

- Nguyen Thi, K.C., M.S. Yoo, M.H. Kang, S.H. Han, C.H. Yun, B.S. Yoon. 2009. Development of Real-time PCR Assay for the Detection of Sacbrood Virus in Honeybee (*Apis mellifera* L.). *Korean J. Apiculture*. 24(1): 15-21.
- Nguyen Thi, K.C., M.S. Yoo, I.W. Kim, M.H. Kang, S.H. Han, B.S. Yoon. 2008. Development of PCR Detection Method for Sacbrood Virus in Honeybee (*Apis mellifera* L.). *Korean J. Apiculture*. 23(3): 177-184.
- Nguyen V.P, Han H.H and Yoon B.S (2011). Development of a Metalloproteinase Gene Based Loop Mediated Isothermal Amplification Assay for Detection of *Paenibacillus* larvae. *Journal of Apiculture* 26(3) : 213~220
- Nguyen, VP., Ji-Na N, Han, S.H., Kwon, S.H., Yoon, B.S Park Y.H., 2010. Development of Sacbrood Virus-specific PCR detection based on stable Capsid Protein Sequence. *Korean J. Apiculture* 25(2) : 115~122.
- No Ji-Na, Nguyen Van Phu, Mi-Sun Yoo, Yong-Ha Park, Byoung-Su Yoon. 2010. Simple and Rapid Method for Detection of Deformed Wing Virus (DWV) by Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP). *Kor. J. Apicul.* 25(3):211-216.
- Norihito T., Yasuyoshi M., Hidetoshi K., Tsugunori N., 2008. Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) of gene sequences and simple visual detection of products. *Nature protocols* Vol.3No.5, 877-882.
- Notomi Tsugunori, Hiroto Okayama, Harumi Masubuchi, Toshihiro Yonekawa, Keiko watanabe, Nobuyuki Amino and Tetsu Hase. 2000. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Research*. 28(12), e63.
- Notomi Tsugunori. 2007. Loop-mediated isothermal amplification. *Nippon Rincho*. 65(5), 957-961.
- Ohori, Akira, Shigeo Endo, Ayako Sano, Koji Yokoyama, Kyoko Yarita, Masashi Yamaguchi, Katsuhiko Kamei, Makoto Miyaji and Kazuko Nishimura. 2006. Rapid identification of *Ochroconis gallopava* by a loopmediated isothermal amplification (LAMP) method. *Vet Microbiol.* 114(3-4): 359-365.
- Okada I. 1984. Aggressive behaviour of honeybees against hornets in Japan. *Honeybee Science*. 5(3): 105-112.
- Peng, Y.S., Fang, Y., Xu, S., Ge, L. 1987a. The resistance mechanism of the Asian honey bee, *Apis cerana* Fabr., to an ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* Oudemans. *J. Invertebr. Pathol.* 49: 54-60.
- Peter R., Pia A., Bettina Z. 2010. Biology and control of *Varroa destructor* *Journal of Invertebrate Pathology*. 103: 96-119.
- Phu Van Nguyen , Ji-Na No , Bo-Ram Lee , Mi-Sun Yoo , Byoung-Su Yoon. 2011. Detection

- and Quantification of Major Royal Jelly Protein 1 in Honeybees by ELISA using a Monoclonal Antibody. *한국양봉학회지* 26(1): 71-77
- Phu Van Nguyen, Boram Lee, Byoung-Su Yoon 2012. Over-expression and Purification of Capsid Protein of Sacbrood Virus in *E. coli* *한국양봉학회지*.27(3) : 209-214
- Phu Van Nguyen, Boram Lee, Mi-Sun Yoo, Byoung-Su Yoon 2012. Development and Clinical Validation of a DNA Gyrase Subunit B Gene Based Loop-Mediated Isothermal Amplification Method for Detection of *Melissococcus plutonius*. *한국양봉학회지*. 27(1): 51-58
- Phu Van Nguyen, Sang-Hoon Han, Byoung-Su Yoon 2011. Development of a Metalloproteinase Gene Based Loop Mediated Isothermal Amplification Assay for Detection of *Paenibacillus larvae* *한국양봉학회지*. 26(3): 213-220
- Rana, B.S., I.D. Garg, S.M.P. Khurana, L.R. Verma and H.O. Agrawal. 1986. Thai Sacbrood Virus of honeybees (*Apis cerana indica* F) in Northwest Himalayas. *Indian. J. Virol.* 2:127-131
- Rath, W. 1999. Co-adaptation of *Apis cerana* Fabr. and *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie*. 30: 97-110.
- REINHARDT J. F. 1939. Ventilating the bee colony to facilitate the honey ripening process. *J. econ. Ent.* 32: 654460.
- Ribiere, M., Triboulot, C., Mathieu, L., Aurieres, C., Faucon, J. P., Pepin, M. 2002. Molecular diagnosis of chronic bee paralysis virus infection. *Apidologie*. 33:339-351.
- Roetschi, A., Berthoud, H., Kuhn, R., Imdorf, A. (2008). Infection rate based on quantitative real-time PCR of *Melissococcus plutonius*, the causal agent of European foulbrood, in honeybee colonies before and after apiary sanitation. *Apidologie*39:362-371.
- Ross A. Nielsen, Dean Brister 1977. The Greater Wax Moth: Adult Behavior. *Annals of the Entomological Society of America*. 70(1): 101-103.
- S. Subharat, P. R. Wilson, C. Heuer and J. M. Collins (2011). Evaluation of a SYTO9 real-time polymerase chain reaction assay to detect and identify pathogenic *Leptospira* species in kidney tissue and urine of New Zealand farmed deer. *J. Vet. Diagn. Invest.*, XX(X) 1-10.
- Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis. T., 1989. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. Second edition, Cold Spring Harbor Laboratory Press
- Sang-Hoon Han, Yong-Soo Choi, Myeong-Lyeol Lee 2011. Development of Highly Specific Quantative Real-Time PCR Method for the Detection of Sacbrood Virus in Korean Honeybees, *Apis cerana* *한국양봉학회지*. 26(3): 233-240
- Sanpa, S., Chantawannakul, P., 2009. Survey of six bee viruses using RT-PCR in North- 299

- ern Thailand. *Journal of Invertebrate Pathology* 100, 116-119.
- Schild, H. G., Tirrell, D. A., 1990. Microcalorimetric detection of lower critical solution temperatures in aqueous polymer solutions. *J. Phys. Chem.* 94:4352-4356.
- Schröder, A.K., Nardella, F.A., Mannik, M., Svensson, M.L. and Christensen, P. 1986. Interaction between streptococcal IgG Fc receptors and human and rabbit IgG domains. *Immunol.* 57(2): 305-309.
- Seibert, C.H., Borsa, M., Rosa, R.D., Cargnin-Ferreira, E., Pereira, A.M., Grisard, E.C., Zanetti, C.R., Pinto, A.R., 2010. Detection of major capsid protein of infectious myonecrosis virus in shrimps using monoclonal anti - bodies. *J Virol Methods* 169(1):169-75.
- Shah F.A., Shah T.A. 1991. *Vespa velutina*, a serious predator of honeybees in Kashmir. *Bee World*, 72(4): 161-164.
- Sharma O.P., Raj D. 1988. Ecological studies on predatory wasps attacking Italian honeybee, *Apis mellifera* L. in Kangra Shivaliks. *Indian Journal of Ecology*, 15: 168 -171.
- Shimanuki, H. and Knox, D. A (2000). *Diagnosis of honey bee diseases*. USDA-ARS Agriculture Handbook Number 690 : 61p.
- Simpson J. (1961) Nest climate regulation in honey bee colonies *Science* N. Y. 133: 1327-1333.
- Singh G. 1972. Defensive behaviour of *Apis cerana* F. (Hill strain) against predatory hornets in Kashmir. *Indian Bee Journal*, 34: 65-69.
- Sithigorngul, P., Hajimasalaeh, W., Longyant, S., Sridulyakul, P., Rukpratanporn, S., Chaivisuthangkura, P., 2009. Simple immunoblot and immunohistochemical detection of *Penaeus stylirostris* densovirus using monoclonal antibodies to viral capsid protein expressed heterologously. *J. Virol. Methods* 162, 126-132.
- Sithigorngul, P., Rukpratanporn, S., Chaivisuthangkura, P., Sridulyakul, P., Longyant, S., 2011. Simultaneous and rapid detection of white spot syndrome virus and yellow head virus infection in shrimp with a dual immunochromatographic strip test. *J Virol Methods* 173:85-91.
- Slack AT, Symonds ML, Dohnt MF, Smythe LD (2006). Identification of pathogenic *Leptospira* species by conventional or real-time PCR and sequencing of the DNA gyrase subunit B encoding gene. *BMC Microbiol* 6:95.
- Sneath, P.H.A., and Mair, N.S., 1986. *Bergey's Manual of Systemic Bacteriology*, Vol. 2 Williams and Wilkinss. 1070-1071.
- Stoltz, D., Shen, X.-R., Boggis, C. & Sisson, G. 1995. Molecular diagnosis of Kashmir bee virus infection. *J. Api. Res.* 34:153-160.
- Tarr, H.L.A. 1938. Studies on American foulbrood of bees. III. The resistance of individual larvae to inoculation with the endospores of *Bacillus larvae*. *Ann. Appl. Biol.* 25: 807-

- Thompson, H. M. and Brown, M. A. (2001). Is contact colony treatment with antibiotics an effective control for European foulbrood? *Bee World* 82(3): 130-138.
- Tomkies, V, Flint, J., Johnson, G., Ruth, W., Wilkins, S., Danks, C., Watkins, M., Cuthbertson, G., Carpana, E., Marris, G., Budge, G., and Brown, M. (2009). Development and validation of a novel field test kit for European foulbrood. *Apidologie* 40: 63-72.
- Topley, E., Davison, S., Leat, N., Benjeddou, M., 2005. Detection of three honeybee viruses simultaneously by a single multiplex reverse transcriptase PCR. *Afr. J. Biotechnol.* 4: 763-767.
- Tsugunori Notomi, Hiroto Okayama, Harumi Masubuchi, Toshihiro Yonekawa, Keiko Watanabe, Nobuyuki Amino, Tetsu Hase. 2000. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Research.* 28: no. 12
- Tsugunori, N. 2007. Loop-mediated isothermal amplification. *Nippon Rinch.* 65: 957-961.
- Urry, D. W., 1992. Free energy transduction in polypeptides and proteins based on inverse temperature transition. *Prog. Biophy. Mol. Biol.* 57:23-57
- Urry, D. W., 1997. Physical chemistry of biological free energy transduction as demonstrated by elastic protein-based polymers. *J. Phys. Chem. B.* 101:11007-11028.
- Urry, D. W., Luan, C. H., Parker, T. M., Gowda, D. C., Parasad, K. U., Reid, M. C., Safavy, A., 1991. Temperature of polypeptide inverse temperature transition depends on mean residue hydrophobicity. *J. Am. Chem. Soc.* 113:4346-4348.
- van Engelsdorp D., R. Underwood, D. Caron, J. Hayes. 2007. An estimate of managed colony losses in the winter of 2006-2007: A report commissioned by the apiary inspectors of America. *American Bee* 147:559-603.
- van Engelsdorp D1, Hayes J Jr, Underwood RM, Pettis J. 2008. A survey of honey bee colony losses in the U.S., fall 2007 to spring 2008. *PLoS ONE*, 3(12), e4071.
- Vijay, A. K. B. G; Lenie, D; Sophie, B; Didier, R and Bernard, L. S (2009). Validation of partial rpoB gene sequence analysis for the identification of clinically important and emerging *Acinetobacter* species. *Microbiology* 155, 2333-2341
- Waite, R. J., Brown, M. A., Thompson, H. M., Bew, M. H. (2003a). Controlling European foulbrood with the shook swarm method and oxytetracycline in the UK. *Apidologie* 34: 569-575.
- Waite, R., Jackson, S., and Thompson, H. (2003b). Preliminary investigations into possible resistance to oxytetracycline in *Melissococcus plutonius*, a pathogen of honeybee larvae. *Letters in Applied Microbiology* 36:20-24.
- Wansika Kiatpathomchai, Wansadaj Jareonram, Sarawut Jitrapakdee, T.W. Flegel. 2007. Rapid

- and sensitive detection of Taura syndrome virus by reverse transcription loop-mediated isothermal amplification. *J Virol Methods*. 146(1-2), 125-128.
- Weiss, L.M. and C.R. Vossbrinck. 1999. Molecular biology, molecular phylogeny, and molecular diagnostic approaches to the microsporidia. In: Wittner, M., Weiss, L.M. (Eds.), *The Microsporidia and Microsporidiosis*. American Society for Microbiology, Washington, DC, pp. 129-171.
- Wilkins, S.; Brown, M. A.; Cuthbertson, A. G. S., (2007). The incidence of honey bee pests and diseases in England and Wales. *Pest Manag. Sci.*, 63 (11), 1062-1068
- Williams, M.R., D.A.G. Maxwell and R.L. Spooner. 1975. Quantitative studies on bovine immunoglobulins, normal plasma levels of IgG2, IgG1, IgM and IgA. *Res. Vet. Sci.*, 18: 314-321.
- Wilson M.B. and Nakane P.K. Recent development in the periodate method of conjugating horseradish peroxidase (HRPO) to antibodies., North. holland. biomedical., 1978
- Winston, M.L. 1987. *The Biology of the Honey Bee*, Harvard University Press, Cambridge, London, UK.
- Xu Hai-Dong, Juan Feng, Zhi-Xun Guo, You-Jun Ou, Jiang-Yong Wang. 2009. Detection of red-spotted grouper nervous necrosis virus by loop-mediated isothermal amplification. *Journal of Virological Methods*. 163(1), 123-128.
- Xu, H.D., J.F. Zhi-Xun Guo, Y.J. Ou and J.Y. Wang. 2009. Detection of red-spotted grouper nervous necrosis virus by loop-mediated isothermal amplification. *J. Virol. Methods* 163(1): 123-128.
- Yan, X., Chen, J., Han, R., 2009. Detection of Chinese sacbrood virus (CSBV) in *Apis cerana* by RT-PCR method. *Sociobiology* 53, 687-694.
- Yang, J.L; Yang, R; Shen, K.F; Peng, X.W; Xiong, T and Liu, Z.H., (2012). Rapid detection of sacbrood virus (SBV) by one step reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay. *Virology Journal*, 9:47
- Yoo Mi-Sun, Ji-Na No, Van Phu Nguyen, Yong Soo Choi, Yong-Ha Park, Byoung-Su Yoon. 2010. Development of Ultra-rapid Real-Time PCR Method for the detection of Chronic Bee Paralysis Virus. *J. Apiculture*. 25(3):193-199.
- Yoo, M.S, Noh, J.H., Yoon, B.S, Reddy, K.E, Kweon, C.H, Jung, S.C, Kang, S.W., 2012. Reverse transcription loop-mediated isothermal amplification for sensitive and rapid detection of Korean sacbrood virus. *J Virol Methods* 186(1-2):147-151.
- Yoo, M.S., Boram Lee, Phu Van Nguyen, Byoung-Su Yoon 2012. Purification of Recombinant Protein of Black Queen Cell Virus 한국양봉학회지. 27(1): 59-64
- Yoo, M.S., Kim Cuc Nguyen Thi, Phu Van Nguyen, Sang-Hoon Han, Soon-Hwan Kwon,

- Byoung-Su Yoon 2011. Rapid detection of sacbrood virus in honeybee using ultra-rapid real-time polymerase chain reaction. *Journal of Virological Methods* 179(1) : 195-200
- Yoo, M.S., Lee, B.R., No, J.N., Nguyen, V.P., Yoon, B.S., 2011. Expression of Recombinant Protein of Black Queen Cell Virus Korean. *Korean J. Apiculture*. 26(4):275-282.
- Yoo, M.S., Nguyen, T.K.C., Nguyen, V.P., Han, S.H., Kwon, S.H., Yoon, B.S., 2012. Rapid detection of sacbrood virus in honeybee using ultra-rapid real-time polymerase chain reaction. *Journal of Virological Methods* 179, 195-200.
- Yoo, M.S., Sang-Hoon Han, Byoung-Su Yoon 2011. Development of Ultra-Rapid Real-Time PCR Method for Detection of Black Queen Cell Virus *한국양봉학회지*. 26(3): 203-208
- Yoo, M.S., Van Phu Nguyen , Ji-Na No , Bo-Ram Lee , Yong-Ha Park , Byoung-Su Yoon 2011. Development of Ultra-Rapid Real-Time PCR Method for the Detection of Nosema *한국양봉학회지*. 26(1): 21-27
- Yoshiteru Aoi, Mariko Hosogai, Satoshi Tsuneda. 2006. Real-time quantitative LAMP(loop-mediated isothermal amplification of DNA) as a simple method for monitoring ammonia-oxidizing bacteria. *J Biotechnol*. 125(4), 484-491.
- Yue, D., Nordhoff. M., Wieler, L.H. and Genersch, E. 2008. Fluorescence in situ hybridization (FISH) analysis of the interactions between honeybee larvae and *Paenibacillus* larvae, the causative agent of American foulbrood of honeybees (*Apis mellifera*). *Environ. Microbiol*. 10: 1612-1620.
- Yun, Y.J. et al. (2005) Detection and identification of *Mycobacterium tuberculosis* in joint biopsy specimens by *rpoB* PCR cloning and sequencing. *J. Clin. Microbiol*. 43, 174-178
- Zhang Fengying, Lingbo Ma, Xhaoli Xu, Junbin Zheng, Yanhong Shi, Yanan Lu, Yuping Miao. 2009. Sensitive and rapid detection of *Karenia mikimotoi*(Dinophyceae) by loop-mediated isothermal amplification. *Harmful Algae*. 8(6), 839-842.
- 강민희, 김일욱, 유미선, 권순환, 윤병수. 2008. 꿀벌(*Apis mellifera* L.)에서 Israeli Acute Paralysis Virus (IAPV) 진단을 위한 PCR법의 개발. *한국양봉학회지*. 23(1): 29-36.
- 강아랑, 이명렬, 이만영, 김혜경, 윤미영, 최용수 2015. *Bacillus thuringiensis*의 꿀벌부채명나방, *Galleriamellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae)에 대한 방제 효과. *Journal of Apiculture*. 30(4): 275-280.
- 김길하, 김동순, 박정규, 조수원, 윤영남, 이경열 2012. 삼고 해충학: pp.69
- 김수연, 김창환, 김지현, 손원근, 황규계, 임윤규. 2013. 미국부저병 원인체 (*Paenibacillus* larvae)의 편모 및 아포에 대한 단일클론항체 *Korean J. Apiculture* 28(5), 339~344.
- 김혜경, 최용수, 이명렬, 이만영, 이광길, 안난희. 2008. 국내 꿀벌에서의 Sacbrood Virus (SBV) 진단. *Korean J. Apiculture*. 23(2):103-109.
- 노지나, 유미선, Van Phu Nugyen, 윤병수. 2010. Loop-mediated Isothermal Amplification

- (LAMP)법을 이용한 Chronic Bee Paralysis Virus (CBPV)의 신속 진단법 개발. 한국양봉학회지. 25(4): 253-258
- 노지나, 유미선, 윤병수. 2010. Israeli Acute Paralysis Virus (IAPV) 검출을 위한 semi-nested PCR법의 개발. 한국양봉학회지. 25(2): 97-103.
- 노지나, 이보람, 유미선, 윤병수. 2011 IAPV내의 capsid protein gene의 검출을 위한 RT-LAMP 법의 개발. 한국양봉학회지. 26(2): 119-127
- 박용하, 윤병수. 2012. 무공해 양봉 생산 시스템을 위한 꿀벌 프로바이오틱스 미생물 제제 개발. 농림특정과제 보고서, 농림수산부
- 백경찬, 양옥순, 정규희, 윤병수. 2002. Paenibacillus larvae에 대한 다클론 항체 및 그 응용. 한국응용곤충학회지. 41(1):49-53.
- 백종희, 이증구, 윤병수. 2012. 꿀벌 유충에 의한 약제 감수성 평가 방법. 한국양봉학회지. 27(4): 315-319
- 법률 7434호 가축전염병예방법 제2조(정의) 제2호 나목(제2종가축전염병).
- 양옥순, 윤병수. 2001. Metalloprotease 및 16S rRNA 유전자 염기서열에 의한 미국부저병의 원인균 *Paenibacillus larvae*의 신속 PCR 검출법. 한국양봉학회지 16(1), 1-8.
- 오해운, 이만영, 장영덕 1995. 꿀벌부채명나방의 발육기간 및 꿀벌집 가해특성. Journal of Apiculture. 10(1): 5-10.
- 유미선, Kim Cuc Nguyen Thi, 김동수, 김일욱, 권순환, 윤병수. 2008. Israel Acute Paralysis Virus의 진단을 위한 Real-Time PCR 진단법의 개발. 한국양봉학회지. 24(1):31-36.
- 유미선, 김일욱, 강민희, 한상훈, 윤병수. 2008. Nosema 진단을 위한 Real-time PCR 진단법의 개발, 한국양봉학회지. 23: 241-249.
- 유미선, 윤병수. 2009. 2009년 국내 꿀벌 질병의 발생. 한국양봉학회지. 24(4): 273-278.
- 유미선, 이동우, 김일욱, 김동수, 권순환, 임윤규, 윤병수. 2007. 한국산 꿀벌에서 Black Queen Cell Virus의 검출. 한국양봉학회지. 22(1): 43-52.
- 유미선, 이보람, 노지나, Nguyen Van Phu , 윤병수(Byoung-Su Yoon) 2011. Black Queen Cell Virus 재조합 단백질의 발현. 한국양봉학회지. 26(4): 275-282
- 유미선, 조용호, 김일욱, 강민희, 권순환, 한상훈, 윤병수. 2008. Loop-mediated isothermal amplification (LAMP)을 이용한 꿀벌 바이러스 질병의 신속 검출법 개발. 한국양봉학회지. 23(3):185-190.
- 유미선, 최용수, 박용하, 윤병수. 2010. Chronic Vee Paralysis Virus의 진단을 위한 Real-Time PCR 진단법의 개발. 한국양봉학회지 25(1):31-37.
- 윤병수. 2001a. 꿀벌의 전염병과 방제. In: 최신양봉경영(2001). 한국양봉과학연구소. p47-77.
- 윤병수. 2001b. 꿀벌질병 제어를 위한 전국 발병 및 방제현황. 연구보고서, 한국양봉협회. p14-16.
- 이도부, 양옥순, 한상훈, 임윤규, 윤병수. 2004. Real-Time PCR을 이용한 미국 부저병 원인균인

- Paenibacillus larvae* subsp. *larvae*의 신속진단. 한국양봉학회지 19(2), 97-108.
- 이명렬, 우순옥, 홍인표, 한상미, 최용수. 2011. RDA 인테러뱅 (꿀벌家の 가훈과 꿀벌산업의 가치). 농촌진흥청. 18호
- 이보람(Boram Lee) , 노지나(Ji-Na No), 유미선(Mi-Sun Yoo) , 윤병수(Byoungsu Yoon) 2011. Loop-mediated Isothermal Amplification(LAMP) 법을 이용한 Sacbrood Virus (SBV)의 검출법 개발. 한국양봉학회지. 26(4): 267-274.
- 이보람(Boram Lee) , 유미선(Mi-Sun Yoo) , Nguyen Van Phu , 노지나(Ji-Na No) , 윤병수(Byoungsu Yoon) 2011. Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) 법을 이용한 백목병 원인균 *Ascosphaera apis*의 검출법 개발. 한국양봉학회지. 26(2) : 103-111
- 이보람(Boram Lee), Nguyen Van Phu, 유미선(Mi-Sun Yoo), 노지나(Ji-Na No), 윤병수(Byoungsu Yoon) 2012. Sacbrood Virus와 Korean Sacbrood Virus의 구별 검출을 위한 PCR법 개발 한국양봉학회지 27(2): 129-135
- 이보람, 노지나, 유미선, 윤병수. 2011b. Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) 법을 이용한 Sacbrood Virus (SBV)의 검출법 개발. Korean J. Apiculture. 26(4): 267-274.
- 이보람, 유미선, Nguyen Van Phu, 노지나, 윤병수. 2011a. Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) 법을 이용한 백목병 원인균 *Ascosphaera apis*의 검출법 개발. Korean J. Apiculture. 26(2):103-111.
- 이중구, 윤병수. 2012. Loop-mediated Isothermal Amplification(LAMP) 법을 이용한 Kakugo Virus의 새로운 검출법 개발 한국양봉학회지 27(4) :267-274
- 이중구, 이보람, 윤병수. 2012. Loop-mediated Isothermal Amplification(LAMP) 법을 이용한 Kakugo Virus의 새로운 검출법 개발 한국양봉학회지. 27(4): 267-274
- 이중구, 이보람, 이순복, 윤병수. 2012. 디지털 영상자료를 이용한 꿀벌 개체수 측정의 새로운 방법. 한국양봉학회지. 27(2) : 149-154.
- 이혜민, 유미선, 김을환, 이동우, 한상훈, 윤병수. 2006. 백목병 원인균 *Ascosphaera apis*의 Quick Real-time PCR 검출법. Korean J. Apiculture. 21(2):107-112.
- 이혜민, 이도부, 한상훈, 남성희, 임윤규, 윤병수. 2005. Real-Time PCR을 이용한 백목병 원인균 *Ascosphaera apis*의 신속 검출. Korean J. Apiculture. 20(2):109-116.
- 이혜민, 이도부, 한상훈, 이명렬, 윤병수. 2005. 한국산 꿀벌에서 Deformed Wing Virus의 발견과 Real-Time PCR 검출법의 확립. 한국양봉학회지. 20(2):85-94.
- 이혜민, 하정순, 조용호, 남성희, 윤병수. 2004. 꿀벌 진균성 질병의 신속 확인을 위한 *Ascosphaera apis*, *Aspergillus flavus*의 PCR 검출법. Korean J. Apiculture. 19(2):139-148.
- 임희영, 이순복, 윤병수. 2013. 열화상 사진 자료에 기반한 꿀벌 봉군의 생사 진단 방법에 대한 고찰 한국양봉학회지. 28(1) : 57-62
- 임희영, 이중구, 윤병수. 2013. RNA-dependent RNA polymerase (RdRP) 서열에 따른 IAPV 계통 분류학적 고찰. 한국양봉학회지, 28(1): 63-73

- 장영덕. 2004. 국내의 양봉산업의 현황과 전망. 농협중앙회. 꿀벌사육시설과 관리. 1-32.
- 정영석, 조종무, 김철영, 정철의, 김동순, 김영주, 임윤규. 2014. 제주지역 양봉장에 출몰하는 황말벌, *J. Apic.* 29(4) : 349~351.
- 정우준. 2003. 녀치 비텔로제닌에 대한 단일클론항체. 제주대학교 대학원 석사학위논문.
- 정철의, 김동원, 이홍식, 백현 2009. 신규 꿀벌 해충으로서 *Vespa velutina nigrithorax* Buysson, 1905 (신칭: 등검은말벌)의 생물학적 특징. *Journal of Apiculture.* 24(1): 61-65.
- 조도행. 1994. 양봉 사계절 관리법. 오성출판사
- 조용호, 유미선, 김을환, 이동우, 김일욱, 강민희, 한상훈, 윤병수. 2007. Loop-mediated Isothermal Amplification(LAMP)을 이용한 꿀벌의 Black Queen Cell Virus(BQCV)신속 검출법의 개발. *한국양봉학회지* 22(2): 139-146.
- 조운상 토종벌 낭충봉아부패병 진단과 예방, 꿀벌질병관리센터
- 최문보, 김정규, 이종욱 2013. 한국산 말벌과의 종목록 정리 및 분포에 대한 고찰. *Korean journal of applied entomology.* 52(2): 85-91.
- 최승윤. 1973. 양봉 꿀벌과 벌통, 오성출판사
- 최승윤. 1989. 최신양봉학. 집현사. pp. 439.
- 최용수, 김혜경, 이명렬, 이만영, 이광길. 2008. Minus-strand-specific RT-PCR에 의한 Chronic Bee Paralysis Virus(CBPV) 진단. *한국양봉학회지* 23(2):119-126.
- 최용수, 변규호, Ratna T., 이명렬 2012. 토종벌 벌통에 기생하는 수중다리좀벌 (*Brachymeria ornaticipes*)과 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*)에 의한 바이러스매개. *Journal of Apiculture.* 27(2): 123-127.
- 최용수, 이명렬, 이만영. 2007. 국내 꿀벌에서의 Israel Acute Paralysis Virus (IAPV)진단. *한국양봉학회지.* 22(2):159-165.
- 한상미, 이광길, 여주홍, 권해용, 우순옥, 백하주, 장영채. 2008. *Staphylococcus aureus*에 대한 국내산 꿀벌 독의 항균성분 분리. *Korean J. Apiculture* 23(2): 127-131.
- 한상훈, 임윤규, 윤병수. 2006. 분자생물학 연구방법론 III. 경기대학교 출판부.