

# 2026년 제42차 한국양봉학회 정기총회 및 동계학술대회

주제

데이터 기반 정밀양봉 :  
예방적 관리기술의 실용화와 산업 경쟁력 강화



2026. 2. 23.(월) - 2. 24.(화)  
국립한국농수산물대학교 도서관 소극장

주최

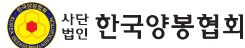


주관



국립한국농수산물대학교

후원







## 학회조직위원

### 회장

한상미(국립농업과학원)

### 부회장 (가나다순)

권형욱(인천대학교)

김기영(경희대학교)

김용래(한국양봉농협)

김혜경(한국농수산대학교)

박근호((사)한국양봉협회)

우순옥(국립농업과학원)

이수근((사)한국한봉협회)

윤형주(동아대학교)

이경용(국립농업과학원)

이광식(동아대학교)

이시혁(서울대학교)

이용림((주)비엔케어)

이향심(농림축산검역본부)

차용호(경북대학교)

최용수(국립농업과학원)

### 감사

김혜경(한국농수산대학교)

### 총무이사

성건목(충남대학교)

### 재무이사

윤준선(전북대학교)

### 운영간사

이지혜(한국양봉학회)

### 학술위원장

김영호(경북대학교)

### 편집위원장

이광식(동아대학교)

### 편집간사

김동원(국립농업과학원)

### 고충처리위원장

이향심(농림축산검역본부)

### 연구윤리위원장

김기영(경희대학교)

### 국제교류위원장

길의준(안동대학교)

### 기금위원장

윤준선(전북대학교)

### Newsletter위원장

정제원(경성대학교)

### 스마트양봉위원장

모창연(강원대학교)

### 포상관리위원장

윤형주(동아대학교)

## 행사일정표

날짜	시간	도서관 1층 소극장	창의교육관 2층 중강의실	창의교육관 1층 대강의실	
2월23일 월요일	12:00-	<b>등록</b>			
	13:00-13:30	<b>제42차 정기총회</b>			
	13:30-13:55	<b>개회식</b> 사회: 성건목 교수 (충남대) <b>학술상 및 우수대학원생 표창</b> 좌장: 윤형주 교수 (동아대)			
	14:00-14:40	<b>기조강연 I : 이시혁 교수 (서울대학교)</b> 좌장: 한상미 과장 (농과원)		<b>교육</b> 청년 양봉인 대상 기술심화 교육 사회: 박보선 박사 (농과원)	
	14:40-15:00	휴식			
		<b>초청강연</b> 좌장: 성건목 교수 (충남대)	<b>심포지엄</b> 지속 가능한 꿀벌 연구를 위한 한국-태국 협력 네트워크 Korea-Thailand Friendship for Sustainable Bee Science 좌장: 길의준 교수 (경국대)		
	15:00-15:20	<b>초청강연 I.</b> 김영호 교수 (경북대)			
	15:20-15:40	<b>초청강연 II.</b> 허주행 수의사 (양봉농협)			
	15:40-16:00	<b>초청강연 III.</b> 권해연 과장 (산림과학원)			
	16:00-16:20	<b>초청강연 IV.</b> 서성민 부사장 (옵토레인)			
	16:20-16:30	휴식			<b>교육</b> 최신 양봉 기술 확산을 위한 선도농가 대상 워크샵 & 산업체 홍보 좌장: 한상미 과장 (농과원)
	16:30-17:10	<b>기조강연 II : 모창연 교수 (강원대학교)</b> 좌장: 김영호 교수 (경북대)			
	17:10-18:00	<b>포스터 발표</b> (창의교육관 2층 세미나실)			
18:30-20:00	<b>간담회</b>				
2월24일 화요일	09:30-10:20	<b>구두발표</b> 신규학위자발표 & Bee Biology (생리육종) 좌장: 김종훈 교수 (부경대)	09:20-11:20	09:30-10:10	
	10:30-11:40	<b>구두발표</b> Bee Health (질병 및 병해충) 좌장: 박보선 박사 (농과원)	<b>교육</b> 꿀벌 날개 시맥 분석을 통한 꿀벌 계통 식별교육 좌장: 김동원 박사 (농과원)	<b>구두발표</b> Beekeeping & Pollination (사양관리 & 화분매개 및 밀원식물) 좌장: 윤준선 교수 (전북대)	
	11:40-11:50	휴식			
	11:50	<b>폐회식 및 시상식(우수발표자상)</b>			
				10:20-11:40	<b>구두발표</b> Bee Product (양봉산물) 좌장: 김수배 박사 (농과원)

## 세부일정표

시간	도서관 1층 소극장 2026. 02. 23. (월)
12:00-13:00	<b>등록</b>
13:00-13:30	<b>정기총회</b>
13:30-13:55	<p><b>[개회식]</b> · 사 회 : 성건목 총무이사 (충남대)</p> <p>· 개회사 : 한국양봉학회 한상미 회장</p> <p>· 축 사 : 국립농업과학원 성제훈 원장, 국립한국농수산대학교 이주명 총장 (사)한국양봉협회 박근호 회장, (사)한국한봉협회 이수근 회장, 한국양봉농협 김용래 조합장</p> <p><b>[시 상]</b> · 좌 장 : 윤형주 박사 (동아대)</p> <p>2026년 제2회 학술상 시상, 후원: ㈜야생</p> <p>2026년 제2회 우수대학원생 표창, 후원 : 정씨네양봉원</p>
14:00-14:40	<b>[기조강연 I] 이시혁 교수 (서울대학교)</b> 좌장 : 한상미 과장 (농과원) Molecular Basis of Coumaphos Selective Toxicity and Its Practical Applications in <i>Varroa</i> Mites
14:40-15:00	휴식
	<b>[초청강연]</b> 좌장 : 성건목 교수 (충남대)
15:00-15:20	<b>[초청강연 I] 김영호 교수 (경북대)</b> Neuroactive Pesticides Differentially Alter Nursing and Foraging Dynamics in Honey Bees
15:20-15:40	<b>[초청강연 II] 허주행 수의사 (양봉농협)</b> 전국 예찰 데이터에 기반한 꿀벌 질병 복합감염과 진단 기반 예방관리
15:40-16:00	<b>[초청강연 III] 권해연 과장 (산림과학원)</b> 지속가능한 꿀 생산과 생태적 가치증진을 위한 밀원단지 조성·관리 기술 개발
16:00-16:20	<b>[초청강연 IV] 서성민 부사장 (옵토레인)</b> 반도체 및 인공지능 기술 기반의 현장형 분자진단 기술을 활용한 데이터 기반 정밀양봉 및 예방적 질병 관리 전략
16:20-16:30	휴식
16:30-17:10	<b>[기조강연 II] 모창연 교수 (강원대학교)</b> 좌장 : 김영호 교수 (경북대) 한국형 스마트 양봉의 고도화 : IoT 제어부터 AI 진단·LLM 의사결정 지원까지
17:10-18:00	<b>포스터발표</b> (창의교육관 2층 세미나실)
18:30-20:00	<b>간담회</b>

시간	도서관 1층 소극장 2026. 02. 24. (화)	
09:30-10:20	<b>구두발표 : 신규학위자발표 &amp; Bee Biology (생리육종)</b> 좌장 : 김종훈 교수 (부경대)	
	O-01	Functional Characterization of Waprin in the Reproductive Organs of the Honeybee <i>Apis mellifera</i> and the Bumblebee <i>Bombus terrestris</i> Yun Hui Kim, Dong-A University
	O-02	Sublethal neonicotinoid exposure disrupts circadian and sleep regulation in nurse and forager honey bees ( <i>Apis mellifera</i> ) YeongHo Kim, Kyungpook National University
	O-03	RFID monitoring revealed disruption of foraging behavior in <i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera: Apidae) chronically exposed to field-realistic doses of pesticides Youngcheon Lim, Seoul National University
	O-04	등검은말벌( <i>Vespa velutina nigrithorax</i> )의 일령에 따른 노동 분화와 행동 특성 홍동의, 경국대학교
	O-05	Effects of Noise and Vibration on Survival, Feeding, and Behavior of Honey Bees 권순호, 경국대학교
10:30-11:40	<b>구두발표 : Bee Health (질병 및 병해충)</b> 좌장 : 박보선 박사 (농과원)	
	O-06	Effects of Oxytetracycline on Gut Microbiome-Mediated Energy Metabolism and Behavioral Maturation in Nurse Bees Ye Eun Park, Kyungpook National University
	O-07	Time-Dependent Effects of Field-Realistic Miticide Exposure on Nursing Behavior and Caste Regulation in Honey Bees Euijin You, Kyungpook National University
	O-08	Synergistic effects of amitraz and dinotefuran on honey bee health Mojtaba Esmaily, Gyeongbuk National University
	O-09	Effects of Shaded Smart Apiaries on Winter Microclimate Stability and Flight Activity in Honey Bee Colonies Yongrak Kang, Gyeongbuk National University
	O-10	봄철과 가을철의 말벌류의 밀도 변동 분석 박성빈, 경국대학교
	O-11	Nationwide Surveillance of Honey Bee Diseases in the Republic of Korea (2021-2025) Jang-Hyeon Kim, Animal and Plant Quarantine Agency
	O-12	Efficacy and Optimal Timing of Biological Control for <i>Varroa destructor</i> Using Drone Brood Removal Induced by Spacers 오대근, 국립농업과학원
11:40-11:50	휴식	
11:50-12:20	<b>폐회식 및 시상식 (우수발표자상)</b>	

시간	창의교육관 2층 중강의실 2026. 02. 23. (월)	
15:00-16:30	<b>심포지엄 : 지속 가능한 꿀벌 연구를 위한 한국-태국 협력 네트워킹</b> 좌장 : 길의준 교수 (경국대)	
	S-01	The Journey of Apicultural Research Exchange between Korea and Thailand: From Knowledge Sharing to Strategic Partnership Chuleui Jung, Gyeongbuk National University
	S-02	From Forests to Farms: Sustainable Beekeeping in the Mekong Region Terd Disayathanoowat, Chiang Mai University
	S-03	Synergistic Anti-Acne Film-Forming Gels Based on Bioactive Bee Products and Low-Dose Salicylic Acid: A Skin-Friendly Alternative to Conventional Therapies Wantida Chaiyana, Chiang Mai University
	S-04	Physicochemical properties, Bioactive Compounds, Volatile Constituents, and Taste Profiles of <i>Apis mellifera</i> Honey from Longan ( <i>Dimocarpus longan</i> ) Flower in the Upper Region of Northern Thailand Raj nibhas Sukeaw Samakradhamrongthai, Chiang Mai University
	S-05	Acute Toxicity of Fine Particulate Matter (PM2.5) Disrupts Detoxification and Stress Pathways in the Eastern Honeybee ( <i>Apis cerana</i> ) Patcharin Phokasem, Chiang Mai University
	S-06	Atmospheric-pressure plasma technology represents a novel and promising approach for improving honeybee health by effectively inactivating pathogenic microorganisms and controlling parasitic mites Chainarong Sinpoo, Chiang Mai University
	S-07	Ecological viromics reveals novel viral diversity and strong host partitioning in tropical bees and ectoparasitic mites in Thailand Eui-Joon Kil, Gyeongbuk National University
시간	창의교육관 2층 중강의실 2026. 02. 24.(화)	
09:20-11:20	<b>교육 : 꿀벌 날개 시맥 분석을 통한 꿀벌 계통 식별교육</b> 좌장 : 김동원 박사 (농과원)	
	S-08	Training on Lineage Identification Technology Based on Honeybee Wing Venation Analysis 오대근, 국립농업과학원

시간	창의교육관 1층 대강의실 2026. 02. 23. (월)	
14:00-15:40	<b>교육 : 청년양봉인 대상 기술 심화 교육</b> 사회 : 박보선 박사 (농과원)	
	S-09	꿀벌 육종 연구 현황과 민간 육종 전략 김동원, 국립농업과학원
	S-10	양봉산물의 기능성 및 이용 연구 현황 최홍민, 국립농업과학원
15:40-18:00	<b>교육 : 최신양봉기술 확산을 위한 선도농가 대상 워크숍 및 산업체 홍보</b> 좌장 : 한상미 과장 (농과원)	
	S-11	꿀벌 우수 품종 육성 및 보급체계 최용수, 국립농업과학원
	S-12	Standardization of Honey Bee Pollination Techniques in Major Horticultural Crops Kyeong Yong Lee, National Institute of Agricultural Science
	S-13	양봉산물의 생산과 이용 우순옥, 국립농업과학원
	<b>산업체 홍보</b>	
	S-14	우수 밀원식물 발굴 및 밀원숲 확대 방안 김현준, 국립산림과학원
	S-15	비정상 꿀벌의 현장 감별진단과 진단 기반 처치 전략 허주행, 한국양봉농협

시간	창의교육관 1층 대강의실 2026. 02. 24. (화)	
09:30-10:10	<b>구두발표 : Bee Keeping &amp; Pollination (사양관리 &amp; 화분매개 및 밀원식물)</b> 좌장 : 윤준선 (전북대)	
	O-13	꿀벌의 동면상태 유지 데이터 획득을 위한 스마트 빌리지 실증사업 사례 정원기, (주)온팜
	O-14	Rising Temperatures Impair Honey Bee Foraging Motivation and Colony Performance Olga Frunze, Incheon National University
	O-15	Design Considerations for Non-Invasive In-Hive Temperature and Humidity Monitoring Jinseong Lee, Incheon National University
	O-16	꿀풀 꽃 특성(색상, 형태 및 화밀)에 따른 꿀벌의 방화·섭식 행동 원상재, 국립산림과학원
10:10-10:20	휴식	
10:20-11:40	<b>구두발표 : Bee Product (양봉산물) 좌장 : 김수배 박사 (농과원)</b>	
	O-17	아까시꿀 내 안정동위원소비 측정을 위한 단백질 응집 최적 전처리법 확립 이문선, 국립농업과학원
	O-18	Chemical Characterization of Major Metabolites in <i>Hovenia dulcis</i> Honey 손윤곤, 국립농업과학원
	O-19	Influence of Botanical Origin on Amino Acid Profiles, Predicted Glycemic Index, and Antioxidant Activity of Korean Monofloral honeys Hyeonjeong Jang, Gyeongbuk National University
	O-20	Pollen Calendar of <i>Apis mellifera</i> Inferred From Weekly Pollen Trapping Based on Palynology and DNA Barcoding Sukjun Sun, Gyeongbuk National University
	O-21	Metabolomic analysis for the discrimination of domestic and imported acacia honey ( <i>Robinia pseudoacacia</i> ) Su Won Park, National Institute of Agricultural Science
	O-22	Evaluation of the Muscle Function-Improving Effects of Drone Pupa Using In Vitro, In Vivo, and Human Studies Pu Reum Im, National Institute of Agricultural Science
	O-23	Interannual changes in floral composition during the Robinia flowering season revealed by environmental DNA in Korea Seonmi Kim, National Institute of Agricultural Science
	O-24	Isolation and Structural Characterization of Compounds from Bee Pollen Samgyul Lee, National Institute of Agricultural Science

## 개회사

존경하는 한국양봉학회 회원 여러분, 그리고 양봉농가 여러분,  
안녕하십니까. 한국양봉학회 회장 한상미입니다.



바쁘신 일정에도 불구하고 제42 한국양봉학회 동계학술대회에 참석해 주신 회원 여러분께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

아울러 한국양봉협회 박근호 회장님, 한봉협회 이수근 회장님, 한국양봉농협 김용래 조합장님을 비롯한 양봉 관계자 여러분의 참여에도 진심으로 감사드립니다.

무엇보다도 이번 학술대회는 우리 농촌을 이끌어갈 유능한 청년 인재를 육성하는 한국농수산대학교에서 개최하게 되어 더욱 뜻깊습니다. 특히 바쁘신 일정 중에도 환영사를 해주실 '이주명 총장님' 과 김혜경 교수님, 관계자 여러분께도 깊이 감사드립니다.

입춘과 설을 보내면서 꿀벌이 활동하는 시기가 다가옵니다. 올해도 월동 꿀벌의 폐사 문제가 보고 되고 있으나, 양봉농가의 철저한 사양관리 덕분에 차츰 나아지고 있습니다.

2026년은 우리 한국양봉학회가 42주년이 되는 해입니다. 우리 학회를 발전을 위해서 애써주신 전임 회장님 그리고 많은 회원 여러분들과 양봉농가, 산업체 관계자 여러분들께 깊이 감사드리며 늘 함께 해주셔서 감사드립니다.

올해는 2019년 양봉산업법 제정 이후 2번째로 양봉산업종합대책을 수립하는 해입니다. 아직도 양봉 산업은 다른 산업과 비교하여 학술적 인프라가 부족한 상황입니다. 양봉정책과 연구의 싱크탱크로서 학회의 역할을 강화하고자, 양봉통계기법 및 용어의 정립 우리 학회에 남아 있는 숙제입니다. 하지만 시작이 반이라고 하듯 시작한 만큼 빠르게 이루어지리라 믿습니다.

특히, 여전히 방제가 어려운 꿀벌응애와 말벌 피해는 물론, 베트남산 수입벌꿀의 급증으로 인한 시장 혼란은 우리 양봉산업 전반에 큰 위협이 되고 있습니다.

지금부터는 무엇보다 양봉 연구와 현장, 정책 간의 긴밀한 연계와 신속한 협력이 절실한 시기입니다.

이에 한국양봉학회는 중심축이 되어, 현장 데이터를 기반으로 기후변화 대응 사양관리 기술, 시간과 노동력 절감형 디지털 육종, 그리고 고부가가치 양봉산물 소재화를 통해 우리 양봉농가의 경쟁력 제고에 기여하고자 합니다.

이번 학술대회의 주제는 “데이터 기반 정밀양봉: 예방적 관리 기술의 실용화와 산업경쟁력 강화”입니다.

이를 위해 국내 꿀벌 응애 연구에 기여하신 서울대학교 이시혁 교수님, 스마트 양봉 기술 개발에 공로가 크신 강원대학교 모창연 교수님을 기조연자로 모셨습니다

아울러 지자체 담당자, 선도농가, 청년양봉인을 대상으로 현장 맞춤형 워크숍을 통해 최신 연구성과의 조기 확산을 도모하고자 합니다.

또한, 양봉정책과 연구의 싱크탱크로서 학회의 역할을 강화하고자, 양봉통계기법 및 용어의 정립 필요성을 제안하며, 국립농업과학원 이영보 박사님의 주도로 추진된 ‘알기 쉬운 양봉용어집’ 발간을 통해 그 첫걸음을 내딛고 있습니다.

이번 학회는 그간의 활동을 중간 점검하고 회원 여러분의 고견을 듣는 소중한 자리가 될 것입니다.

올해 학회에는 총 200여편의 구두발표와 포스터 발표가 예정되어 있으며, ‘세계 벌의 날’을 기념하여 선정한 우수 연구자 시상식이 준비되어 있습니다.

또한 우리 학회의 미래인 신진 연구자들의 학위논문 발표도 마련되어 있으니, 많은 관심과 격려 부탁드립니다.

이러한 자리를 준비해주신 학회 임원 여러분께 깊이 감사드립니다. 특히, 총무이사 충남대학교 성건목 교수님, 학술위원장 경북대학교 김영호 교수님, 뉴스레터 편집을 맡고 계신 경성대학교 정제원 교수님, 그리고 묵묵히 학회를 뒷받침해주시는 국립농업과학원 양봉과 직원 여러분께도 진심으로 감사드립니다.

학술대회가 개최되는 전북 지역의 양봉농가 여러분께도 감사드립니다.

이번 학술대회가 참석하신 모든 분들께 학술적 교류, 현장 정보 공유, 그리고 따뜻한 친목의 장이 되기를 진심으로 기원합니다.

감사합니다.

2026년 2월 23일  
한국양봉학회 회장 **한상미**

## 축사

### 안녕하십니까? 국립농업과학원장 성제훈입니다.



오늘 한국양봉학회 동계학술대회와 연계한 우수 양봉농가 교육에 참석해 주신 농업인, 시·도 담당자분들에게 감사 말씀드립니다.

아울러 오늘 훌륭한 강의로 우리에게 유익한 정보를 전달해 주실 각 기관과 단체의 전문가분들에게도 감사드립니다.

이번 학술대회의 주제인 ‘데이터 기반 정밀 양봉을 통한 예방적 관리 기술의 실용화와 산업 경쟁력 강화’는 국립농업과학원에서 중점적으로 추진하고 있으며, 개인적으로도 농업 발전을 위해 꼭 필요하다고 생각하는 내용이라서 더욱 기대됩니다.

12월 따뜻한 겨울에 이어 1, 2월의 강추위로 양봉농가와 꿀벌이 매우 힘든 시간을 보내고 있는 것으로 알고 있습니다. 또한, 각종 병해충과의 싸움으로 힘들어 배가 되지 않았나 생각합니다.

반복적으로 발생하는 꿀벌 감소 문제와 불안정한 벌꿀 생산으로 양봉농가와 산업체 종사자들의 우려가 느는 상황입니다. 설상가상 중국, 베트남 등지에서 수입되는 벌꿀 등 양봉산물이 점차 증가하여 수입 벌꿀과의 가격 경쟁이 심화하는 등 다양한 문제에 직면해 있습니다.

그래서 오늘 국립농업과학원, 국립산림과학원, 양봉 관련 단체가 힘을 모아 꿀벌 사육에 편의를 제공하고 현장의 어려움을 해소할 방법을 알려드리는 시간을 마련했습니다.

꿀벌응애 저항성 품종을 육종하고 합리적인 방법으로 꿀벌 병해충을 진단·방제고, 우수 밀원식물을 발굴하고 밀원을 확대해 나간다면 아무리 주변이 어렵더라도 슬기롭게 이 어려움을 극복할 수 있으리라 믿습니다.

오늘 이 시간이 민·관·학이 서로 지혜를 모으고 상호 협력하여 위기를 기회로 만들어가는 계기가 되길 기원합니다.

교육이 끝나더라도 오늘 발표된 다양한 연구 성과를 공부하시고 현장에 적용해 보시길 바랍니다. 이러한 노력이 다시 한번 양봉산업에 활력을 불어넣고 양봉농가에 희망을 줄 방안을 찾는 중요한 전환점이 될 것입니다.

다시 한번 참석해 주신 모든 분께 진심 어린 감사의 말씀을 드리며, 오늘 교육으로 다 함께 성장하는 시간을 보내시길 바라겠습니다.

감사합니다.

2026년 2월 23일

국립농업과학원장 **성제훈**

## 축사

### 안녕하십니까? 사단법인 한국양봉협회 회장 박근호입니다.



존경하는 한국양봉학회 회원 여러분, 그리고 바쁘신 가운데 함께해 주신 내외 귀빈 여러분, 안녕하십니까. 사단법인 한국양봉협회 회장 박근호입니다.

먼저 「데이터 기반 정밀양봉 예방적 관리기술의 실용화와 산업 경쟁력 강화」라는 뜻깊은 주제로 동계학술대회를 개최하신 학회장님과 관계자 여러분께 진심으로 축하와 감사의 말씀을 드립니다.

오늘날 양봉산업은 기후변화, 질병 확산, 생산비 상승, 수입 개방 등 복합적인 도전에 직면해 있습니다. 양봉 현장에서는 그 어느 때보다 어려운 상황에 놓여 있으며, 이러한 상황을 타개하기 위해서는 농가의 경험과 감각에 의존한 사양관리가 아니라, 보다 정확하고 예측 가능한 관리기술을 절실히 필요로 하고 있습니다.

이러한 현실 속에서 데이터와 과학기술을 기반으로 한 정밀양봉은 이제 선택이 아닌 생존과 도약을 위한 핵심 전략이 되고 있습니다. 현장에서 체감할 수 있는 예방적 관리기술의 실용화는 양봉농가의 안정적인 생산 기반을 지키는 동시에 우리 양봉산업의 지속가능한 경쟁력을 높이는 중요한 전환점이 될 것입니다.

학회에서 축적해 오신 연구성과와 현장의 경험이 긴밀히 연결될 때 대한민국 양봉산업은 한 단계 더 도약할 수 있다고 확신합니다.

양봉협회 역시 가능한 모든 역량을 집중하여 학계와 산업이 함께 성장할 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

오늘 이 학술발표회 자리가 지식과 경험을 나누고, 미래 양봉산업의 방향을 함께 그려가는 뜻깊은 시간이 되기를 바라며, 동계학술대회의 성공적인 개최를 다시 한번 축하드립니다.

참석하신 모든 분들의 가정에 행복과 평안을 기원드리며, 우리 양봉농가에겐 풍밀의 한해가 되길 기원합니다.

모두 새해 복 많이 받으십시오.

2026년 2월 23일

(사)한국양봉협회 회장 **박근호**

## 축사

### 안녕하십니까? 사단법인 한국한봉협회 회장 이수근입니다.



먼저 「데이터 기반 정밀양봉-예방적 관리기술의 실용화와 산업 경쟁력 강화」를 주제로 2026년도 동계학술대회를 개최해 주신 한국양봉학회 한상미 회장님을 비롯한 임원 여러분, 그리고 학회 관계자 여러분께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 최근 양봉 현장은 기후변화로 인한 환경 전반의 변화 속에서 복합적인 어려움에 직면해 있습니다.

기후변화의 영향으로 질병 확산 위험이 높아지고 있으며, 밀원수목류와 초본류의 개화 시기와 낙과 시기가 과거보다 약 15일에서 20일가량 앞당겨지고 있습니다. 이와 함께 냉해 피해 또한 반복적으로 발생하면서 꿀벌의 채밀 여건과 현장의 안정성은 점점 더 위협받고 있습니다.

이러한 변화는 벌의 상태를 예측하기 어렵게 만들고, 양봉 현장의 부담을 크게 가중시키고 있습니다.

이러한 상황에서 양봉산업이 나아가야 할 방향은 분명하다고 생각합니다. 그동안 축적해 온 현장 경험을 토대로 하되, 데이터를 활용한 보다 체계적인 관리와 위험을 사전에 줄이는 예방 중심의 접근으로 차분하게 전환해 나가야 할 시점입니다.

정밀양봉과 예방적 관리기술은 변화를 두려워하기보다 변화를 준비하는 방식이라 생각합니다. 이는 현장의 안정성을 높이고, 양봉산업 전반의 경쟁력을 지켜내는 데 있어 중요한 토대가 될 것입니다.

이러한 전환이 현장에 무리 없이 정착되기 위해서는 연구와 산업 간의 긴밀한 협력이 반드시 필요합니다. 학회의 연구 성과는 양봉산업이 앞으로 나아가는 데 있어 신뢰할 수 있는 기준이 되어 주고 있습니다.

사단법인 한국한봉협회 또한 현장을 대표하는 단체로서 학회와의 협력을 바탕으로 연구 성과가 현장에서 실질적인 도움이 될 수 있도록 그 책임과 역할을 다해 나가겠습니다.

이번 동계학술대회가 정밀양봉 기술의 실용화를 한 단계 앞당기고, 양봉산업의 지속 가능한 발전을 함께 모색하는 의미 있는 자리가 되기를 기대합니다.

끝으로 학술대회 준비를 위해 애써주신 모든 분들께 다시 한 번 감사드리며, 이 자리에 함께하신 여러분과 전국의 양봉인 여러분께 변함없는 응원의 마음을 전합니다.

감사합니다.

2026년 2월 23일

(사)한국한봉협회 회장 **이수근**

## 축사

### 안녕하십니까? 한국양봉농협 김용래 조합장입니다.



먼저, 2026년 제42차 한국양봉학회 정기총회 및 동계학술대회 개최를 진심으로 축하드립니다. 아울러 본 행사를 주최하신 한국양봉학회 한상미 회장님을 비롯하여, 참여하시는 양봉 농가와 양봉 관련 기관·단체 관계자 여러분께 깊은 감사의 인사를 드립니다.

현재 꿀벌 소멸 사태를 통해 꿀벌이 인류의 식량 안보와 생태계 보전에 얼마나 중요한 역할을 하고 있는지, 그 공익적 가치에 대한 국민적 인식은 많이 높아졌으나, 경기 침체로 인한 벌꿀 소비 둔화, 수입 벌꿀의 지속적인 유입, 꿀벌 질병과 응애 피해 등으로 우리 양봉산업은 여전히 많은 어려움에 직면해 있습니다. 이러한 상황 속에서 개최되는 이번 학술대회가 데이터 기반의 정밀 양봉과 예방적 관리기술의 실용화를 통해 국내 양봉산업의 현안을 진단하고, 산업 경쟁력 강화를 위한 실질적인 해법을 모색하는 뜻깊은 논의의 장이 되기를 기대합니다.

최근 한국-베트남 자유무역협정 체결 이후 수입산 벌꿀, 특히 베트남산 벌꿀의 유입이 크게 증가하고 있으나, 이에 비해 수입 단계와 유통 전반에 대한 안전성 검사와 관리 체계는 충분히 뒷받침되지 못하고 있다는 우려가 제기되고 있습니다. 일부 수입 벌꿀에서 유럽연합(EU) 등 주요 국가에서 비승인 물질로 엄격히 관리하고 있는 마트린 성분이 검출이 되고 있습니다. 그러나 현재 국내 벌꿀 식품공전 검사 기준 및 수입산 벌꿀 관리 체계에는 마트린 성분에 대한 명확한 검사 의무 규정이 미비한 실정으로, 이는 소비자 신뢰 저하뿐만 아니라 안전 기준을 준수하며 생산에 힘쓰는 국내 양봉농가와와의 형평성 문제로도 이어지고 있습니다. 이제는 벌꿀에 보다 체계적이고 엄격한 품질 관리 기준을 마련해 공정한 경쟁 환경과 국민 먹거리 안전을 함께 지켜나가야 할 시점이라 생각합니다.

이와 함께 고품질 벌꿀 생산과 벌꿀 등급제 의무화의 중요성도 다시 한 번 강조하고 싶습니다. 저가 수입 벌꿀과의 경쟁 속에서 우리 양봉산업이 지속적으로 성장하기 위해서는 품질을 기반으로 한 경쟁력 확보가 무엇보다 중요합니다. 벌꿀 등급제 의무화를 통해 국내 벌꿀의 품질을 표준화하고, 소비자에게 신뢰받는 안전한 벌꿀을 제공함으로써 우리 양봉산업의 가치를 한 단계 높여야 할 것입니다.

아울러 꿀벌의 공익적 기능을 제도적으로 뒷받침하기 위한 선택형 공익 양봉 직불금제의 도입 또한 반드시 필요합니다. 꿀벌은 생태계 보존과 농산물 수정 매개라는 중요한 역할을 수행하고 있으며, 이를 안정적으로 유지하기 위해서는 양봉농가의 지속 가능한 경영 기반이 마련되어야 합니다. 직불금제 도입은 꿀벌의 공익적 가치를 사회적으로 인정하는 의미 있는 출발점이 될 것입니다.

더 나아가 꿀벌의 안정적인 생존 기반을 마련하기 위해서는 밀원 환경 조성이 무엇보다 중요합니다. 특히 산불 피해 지역이나 수종 갱신 지역에 밀원수를 10% 이상 의무적으로 식재하도록 하는 ‘양봉산업의 육성 및 지원에 관한 법률’ 개정이 절대적으로 필요합니다. 이는 산림의 생태적 회복과 양봉산업의 지속 가능성을 동시에 높일 수 있는 실질적인 대안이 될 것입니다.

또한 이상 기후와 자연 재해가 빈번해지는 상황 속에서 양봉업은 여전히 재해 대응 체계가 취약한 분야로 남아 있습니다. 꿀벌 질병과 폐사, 각종 재해로 인한 피해를 최소화하기 위해 꿀벌 재해보험에 대한 국비 및 지방자치단체 지원을 확대하고, 보다 실효성 있는 보장 체계를 마련하는 노력이 필요합니다.

끝으로 농약 사용과 관련한 문제도 짚고 넘어가지 않을 수 없습니다. 꿀벌은 노지 과수와 산림에서 중요한 수정 매개 역할을 수행하고 있음에도 불구하고, 항공방제나 드론 방제 등 무분별한 농약 살포로 인해 심각한 피해를 입고 있습니다. 이제는 꿀벌 환경 영향을 고려한 농약 사용 기준과 평가 체계를 마련하고, 양봉업계와 농업계가 상생할 수 있는 대안을 함께 모색해야 할 때입니다.

오늘 이 자리가 우리 양봉산업이 직면한 현실을 함께 공유하고, 꿀벌의 공익적 가치를 바탕으로 지속 가능한 발전 방향을 모색하는 뜻깊은 계기가 되기를 기대합니다. 여러분의 지혜와 공동의 노력이 모여 대한민국 양봉산업의 밝은 미래를 열어가기로 진심으로 기원합니다.

감사합니다.

2026년 2월 23일

한국양봉농협 조합장 **김용래**

2026년 제42차  
**한국양봉학회**  
**동계학술대회**

# 목 차

## 기조강연

- [기조강연 I] ..... 28  
**Molecular Basis of Coumaphos Selective Toxicity and Its Practical Applications in *Varroa* Mites**  
이시혁 교수 | 서울대학교
- [기조강연 II] ..... 29  
**한국형 스마트 양봉의 고도화 : IoT 제어부터 AI 진단·LLM 의사결정 지원까지**  
모창연 교수 | 강원대학교

## 초청강연

- [초청강연 I] ..... 30  
**Neuroactive Pesticides Differentially Alter Nursing and Foraging Dynamics in Honey Bees**  
김영호 교수 | 경북대학교
- [초청강연 II] ..... 31  
**전국 예찰 데이터에 기반한 꿀벌 질병 복합감염과 진단 기반 예방관리**  
허주행 수의사 | 한국양봉농협
- [초청강연 III] ..... 32  
**지속가능한 꿀 생산과 생태적 가치증진을 위한 밀원단지 조성·관리 기술 개발**  
권해연 과장 | 국립산림과학원
- [초청강연 IV] ..... 33  
**반도체 및 인공지능 기술 기반의 현장형 분자진단 기술을 활용한 데이터 기반 정밀양봉 및 예방적 질병 관리 전략**  
서성민 부사장 | (주)옵토레인



[ 구두발표 ] 신규학위자발표, Bee Biology (생리육종)

- O-01 **Functional Characterization of Waprin in the Reproductive Organs of the Honeybee *Apis mellifera* and the Bumblebee *Bombus terrestris*** ..... 36  
Yun Hui Kim | Dong-A University
- O-02 **Sublethal neonicotinoid exposure disrupts circadian and sleep regulation in nurse and forager honey bees (*Apis mellifera*)** ..... 37  
YeongHo Kim | Kyungpook National University
- O-03 **RFID monitoring revealed disruption of foraging behavior in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) chronically exposed to field-realistic doses of pesticides** ..... 38  
Youngcheon Lim | Seoul National University
- O-04 **등검은말벌(*Vespa velutina nigrithorax*)의 일령에 따른 노동 분화와 행동 특성** ..... 39  
홍동익 | 경국대학교
- O-05 **Effects of Noise and Vibration on Survival, Feeding, and Behavior of Honey Bees** ..... 40  
권순호 | 경국대학교

[ 구두발표 ] Bee Health (질병 및 병해충)

- O-06 **Effects of Oxytetracycline on Gut Microbiome-Mediated Energy Metabolism and Behavioral Maturation in Nurse Bees** ..... 42  
Ye Eun Park | Kyungpook National University
- O-07 **Time-Dependent Effects of Field-Realistic Miticide Exposure on Nursing Behavior and Caste Regulation in Honey Bees** ..... 43  
Euijin You | Kyungpook National University
- O-08 **Synergistic effects of amitraz and dinotefuran on honey bee health** ..... 43  
Mojtaba Esmaeily | Gyeongbuk National University

O-09	<b>Effects of Shaded Smart Apiaries on Winter Microclimate Stability and Flight Activity in Honey Bee Colonies</b> .....	44
	Yongrak Kang   Gyeongbuk National University	
O-10	<b>봄철과 가을철의 말벌류의 밀도 변동 분석</b> .....	44
	박성빈   경국대학교	
O-11	<b>Nationwide Surveillance of Honey Bee Diseases in the Republic of Korea (2021-2025)</b> .....	45
	Jang-Hyeon Kim   Animal and Plant Quarantine Agency	
O-12	<b>Efficacy and Optimal Timing of Biological Control for <i>Varroa destructor</i> Using Drone Brood Removal Induced by Spacers</b> .....	45
	오대근   국립농업과학원	

[ 심포지엄 ] 지속 가능한 꿀벌 연구를 위한 한국-태국 협력네트워킹  
Korea-Thailand Friendship for Sustainable Bee Science

S-01	<b>The Journey of Apicultural Research Exchange between Korea and Thailand: From Knowledge Sharing to Strategic Partnership</b> .....	48
	Chuleui Jung   Gyeongbuk National University	
S-02	<b>From Forests to Farms: Sustainable Beekeeping in the Mekong Region</b> .....	49
	Terd Disayathanoowat   Chiang Mai University	
S-03	<b>Synergistic Anti-Acne Film-Forming Gels Based on Bioactive Bee Products and Low-Dose Salicylic Acid: A Skin-Friendly Alternative to Conventional Therapies</b> .....	50
	Wantida Chaiyana   Chiang Mai University	
S-04	<b>Physicochemical properties, Bioactive Compounds, Volatile Constituents, and Taste Profiles of <i>Apis mellifera</i> Honey from Longan (<i>Dimocarpus longan</i>) Flower in the Upper Region of Northern Thailand</b> .....	51
	Rajnibhas Sukeaw Samakradhamrongthai   Chiang Mai University	
S-05	<b>Acute Toxicity of Fine Particulate Matter (PM2.5) Disrupts Detoxification and Stress Pathways in the Eastern Honeybee (<i>Apis cerana</i>)</b> .....	52
	Patcharin Phokasem   Chiang Mai University	

S-06 **Atmospheric-pressure plasma technology represents a novel and promising approach for improving honeybee health by effectively inactivating pathogenic microorganisms and controlling parasitic mites** ..... 53  
**Chainarong Sinpoo** | Chiang Mai University

S-07 **Ecological viromics reveals novel viral diversity and strong host partitioning in tropical bees and ectoparasitic mites in Thailand** ..... 54  
**Eui-Joon Kil** | Gyeongbuk National University

[ 교육 ] 꿀벌 날개 시맥 분석을 통한 꿀벌 계통 식별 교육

S-08 **Training on Lineage Identification Technology Based on Honeybee Wing Venation Analysis** ..... 56  
**오대근** | 국립농업과학원

[ 교육 ] 청년양봉인 대상 기술 심화 교육

S-09 **꿀벌 육종 연구 현황과 민간 육종 전략** ..... 58  
**김동원** | 국립농업과학원

S-10 **양봉산물의 기능성 및 이용 연구 현황** ..... 58  
**최흥민** | 국립농업과학원

[ 교육 ] 최신양봉기술 확산을 위한 선도농가 대상 워크숍

S-11 **꿀벌 우수 품종 육성 및 보급체계** ..... 60  
**최용수** | 국립농업과학원

S-12 **Standardization of Honey Bee Pollination Techniques in Major Horticultural Crops** ..... 60  
**Kyeong Yong Lee** | National Institute of Agricultural Science

S-13 **양봉산물의 생산과 이용** ..... 61  
**우순옥** | 국립농업과학원

S-14 우수 밀원식물 발굴 및 밀원숲 확대 방안.....61  
 김현준 | 국립산림과학원

S-15 비정상 꿀벌의 현장 감별진단과 진단 기반 처치 전략 ..... 62  
 허주행 | 한국양봉농협

[ 구두발표 ] Beekeeping (사양관리), Pollination (화분매개 및 밀원식물)

O-13 꿀벌의 동면상태 유지 데이터 획득을 위한 스마트 빌리지 실증사업 사례..... 64  
 정원기 | ㈜온팜

O-14 Rising Temperatures Impair Honey Bee Foraging Motivation and Colony  
 Performance..... 65  
 Olga Frunze | Incheon National University

O-15 Design Considerations for Non-Invasive In-Hive Temperature and Humidity  
 Monitoring..... 65  
 Jinseong Lee | Incheon National University

O-16 꿀풀 꽃 특성(색상, 형태 및 화밀)에 따른 꿀벌의 방화·섭식 행동 ..... 66  
 원상재 | 국립산림과학원

[ 구두발표 ] Bee Product (양봉산물)

O-17 아까시꿀 내 안정동위원소비 측정을 위한 단백질 응집 최적 전처리법 확립..... 68  
 이문선 | 국립농업과학원

O-18 Chemical Characterization of Major Metabolites in *Hovenia dulcis* Honey ..... 68  
 손윤곤 | 국립농업과학원

O-19 Influence of Botanical Origin on Amino Acid Profiles, Predicted Glycemic Index,  
 and Antioxidant Activity of Korean Monofloral honeys ..... 69  
 Hyeonjeong Jang | Gyeongbuk National University

O-20 Pollen Calendar of *Apis mellifera* Inferred From Weekly Pollen Trapping Based  
 on Palynology and DNA Barcoding..... 69  
 Sukjun Sun | Gyeongbuk National University

- O-21 **Metabolomic analysis for the discrimination of domestic and imported acacia honey (*Robinia pseudoacacia*)** ..... 70  
**Su Won Park** | National Institute of Agricultural Science
- O-22 **Evaluation of the Muscle Function-Improving Effects of Drone Pupa Using In Vitro, In Vivo, and Human Studies** ..... 70  
**Pu Reum Im** | National Institute of Agricultural Science
- O-23 **Interannual changes in floral composition during the Robinia flowering season revealed by environmental DNA in Korea** .....71  
**Seonmi Kim** | National Institute of Agricultural Science
- O-24 **Isolation and Structural Characterization of Compounds from Bee Pollen** .....71  
**Samgyul Lee** | National Institute of Agricultural Science

[포스터발표]

- P-01 **Neonicotinoid Exposure Alters Biogenic Amine Signaling and Accelerates the Nure-to-Forager Transition in Honey Bees** ..... 74  
**Wooju Jang** | Kyungpook National University
- P-02 **Selection of Stable Reference Genes for qRT-PCR Analysis in *Vespa mandarinia*** ..... 75  
**Hyunha Oh** | Kyungpook National University
- P-03 **Sexual selection on body mass and temperature in bumblebees (*Bombus terrestris*)** ..... 76  
**Min Su Park** | Dong-A University
- P-04 **High-Resolution Phenology-Quality Integration: A Weather-Index Model for Climate-Adaptive Honey Production Forecasting in Korea** ..... 77  
**Sunghyun Min** | National Institute of Agricultural Science,
- P-05 **전남지역에서 동양종 꿀벌 RX계통의 지역적응 및 봉군특성** ..... 78  
**김성연** | 전남농업기술원
- P-06 **Distinct Enzymatic Responses to Irreversible and Reversible Acetylcholinesterase Inhibitors in Honey Bees** ..... 78  
**KyungHwan Moon** | Kyungpook National University

P-07 Immune Activation in Honeybees via Ingestion of Heat-killed <i>Bacillus subtilis</i> .....	79
Yun Hui Kim   National Institute of Agricultural Science,	
P-08 Toxicological Monitoring of Suspected Poisoning Cases in Honeybees in Korea: A 2021-2025 Report .....	80
Se-Ji Lee   Animal and Plant Quarantine Agency	
P-09 충남지역 주요 밀원식물에 대한 꿀벌의 방화활동 조사 .....	81
조효려   충청남도농업기술원	
P-10 Effects of Nano-Calcium Supplementation on Antioxidant Capacity and Physiological Performance in Honey Bees ( <i>Apis mellifera</i> ) .....	81
Gyu Tae Park   Chungbuk National University	
P-11 An <i>In Vitro</i> Rearing System for Studying <i>Varroa destructor</i> in Honey Bee Brood Cells .....	82
HeeJin Kim   Kyungpook National University	
P-12 Metatranscriptome-based virome analysis and discovery of novel viruses in <i>Tropilaelaps mercedesae</i> .....	82
So-Yoon Jang   Gyeongbuk National University,	
P-13 기후변화에 따른 국내 등검은말벌( <i>Vespa velutina</i> )의 침입 동태: 예측 모형 구축과 미래 위험도 평가 .....	83
김수배   농업과학원	
P-14 Body size-dependent associations between gut microbiota and lipid metabolic pathways in bumblebee workers .....	84
Weiyue Qiu   Dong-A University	
P-15 Efficacy of a commercial disinfectant on Sacbrood virus(SBV) .....	85
Yong Joo Kim   Pharmaru Animal Health	
P-16 Transcriptomic analysis to Viral Infection in the ovary of <i>Bombus terrestris</i> Queens .....	86
Kyu-Won Kwak   National Institute of Agricultural Science	

P-17	<b>Inactivated deformed wing virus (DWV) infection induced various honeybee immune molecule expression level</b> .....	87
	Kim Sung-Kuk   National Institute of Agricultural Science	
P-18	<b>국내에서 발생하는 꿀벌(<i>Apis mellifera</i>)의 주요 바이러스에 대한 진단법 연구</b> .....	88
	박상규   충청남도농업기술원	
P-19	<b>Monitoring of honey bee pathogens and insecticide toxicity in the invasive small hive beetle (<i>Aethina tumida</i>) in South Korea</b> .....	89
	Hee Jin Jung   Chungnam National University	
P-20	<b>Prevalence of Fluvalinate and Amitraz Resistance-Associated Mutations in <i>Varroa destructor</i> in Korea (2024-2025)</b> .....	89
	Jang-Hyeon Kim   Animal and Plant Quarantine Agency	
P-21	<b>Honey Bee Breeding Research in Digital Agriculture Systems</b> .....	90
	Dongwon Kim   National Institute of Agricultural Science	
P-22	<b>Honeybee-Induced Noise in Temperature and Humidity Measurements</b> .....	91
	Jinseong Lee   Incheon National University	
P-23	<b>최근 4년 기온 변동성 변화와 꿀벌 활동 환경 진단: 전국 6개 지점 비교</b> .....	91
	이현지   국가농림기상센터	
P-24	<b>Synthetic Auxin Herbicides Residues Compromise Honey Bee Colony Performance and Raise Concerns for Honey Quality</b> .....	93
	Hyunjee Kim   Incheon National University	
P-25	<b>Temporal Population Genomics Reveals Rapid Hybridization in Korean <i>Apis cerana</i></b> .....	94
	Jeong-Hyeon Lee   Incheon National University	
P-26	<b>Mathematical modeling of physiological aging in honeybee (<i>Apis mellifera</i>)</b> ...	95
	Olga Frunze   Incheon National University	
P-27	<b>Development and Pilot Operation of a Bee Activity Index (BAI) Using NCAM-LAMP/WRF Operational Forecasts</b> .....	96
	Hyeon Ji Lee   National Center for AgroMeteorology	

P-28 토종벌 RX계통의 다지역·장기 사육 결과 분석을 통한 품종 등록 가능성 평가 .....	96
이창훈   국립농업과학원	
P-29 도서격리지역을 활용한 고품질 로열젤리 꿀벌 우수품종 ‘젤리킹’ 생산 가능성 평가 .....	97
이창훈   국립농업과학원	
P-30 Mortality Characteristics of Honeybees Under Indoor Overwintering Conditions .....	98
Jin Myung Kim   National Institute of Agricultural Sciences	
P-31 아까시꿀 내 혼입화분 및 밀원식물 화분형태 분석을 위한 전처리법 확립 .....	99
이문선   국립농업과학원	
P-32 DNA Inside Honey: Metabarcoding-Based Assessment of Pollinator Foraging and Floral Origin .....	99
Akhtar Ayoobi   Gyeongbuk National University	
P-33 드론 기법을 이용한 완주지역 내 아까시꽃 개화면적 분석 .....	100
최홍민   국립농업과학원	
P-34 Small-Scale Analysis of Natural and Artificially Fed Honey .....	100
Samgyul Lee   National Institute of Agricultural Sciences	
P-35 Evaluation of Nectar and Pollen Traits in Winter- and Spring-Grown Rapeseed Cultivar ‘Jungmo 7001’ .....	101
정재희   국립식량과학원	
P-36 들보리수의 밀원가치 평가 .....	102
원상재   국립산림과학원	

2026년 제42차  
**한국양봉학회**  
**동계학술대회**

## Molecular Basis of Coumaphos Selective Toxicity and Its Practical Applications in *Varroa* Mites

Si Hyeock Lee<sup>1</sup>, Susie Cho<sup>1</sup>, Youngcheon Lim<sup>2</sup>, Joonhee Lee<sup>1</sup>, and Sanghyeon Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Agricultural Biotechnology, Seoul National University

<sup>2</sup>Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University

Coumaphos is widely used for controlling the ectoparasitic mite *Varroa destructor* due to its strong selective toxicity toward mites over honey bees (*Apis mellifera*), yet the mechanistic basis of this selectivity has remained unclear. Here, we show that coumaphos selectivity arises primarily from divergent metabolic processing rather than target-site insensitivity. Despite higher sensitivity of honey bee acetylcholinesterase to the toxic metabolite coumaphos-oxon, comparative analyses identified mite-specific cytochrome P450s with neural enrichment and strong predicted affinity for coumaphos, consistent with toxic bioactivation, whereas honey bee P450s favored detoxification. Exploiting this metabolic asymmetry, we demonstrate that quercetin, a common dietary flavonoid, enhances coumaphos-induced mite mortality while reducing honey bee toxicity, resulting in improved *Varroa* control in field trials. These findings define the molecular basis of coumaphos selective toxicity and provide a practical strategy to enhance acaricide efficacy and safety through metabolic modulation.

Keywords: *Varroa* mite, Honey bee, Coumaphos, Selective toxicity, Cytochrome P450, Quercetin.

## 한국형 스마트 양봉의 고도화 : IoT 제어부터 AI 진단·LLM 의사결정 지원까지

**Changyeun Mo<sup>1</sup>, Hong Gu Lee<sup>1</sup>, Jeong -Yong Shin<sup>1</sup>, Woon-Tak Han<sup>1</sup>, Bo-Sun Pack<sup>2</sup>**  
<sup>1</sup>Department of Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University  
<sup>2</sup>Sericulture and Apiculture Division, National Institute of Agricultural Science

기후변화로 인한 이상기후와 꿀벌 집단 폐사(CCD) 현상은 국내 양봉산업에 심각한 위기를 초래하고 있다. 이러한 위기 상황 속에서 전통적인 경험 기반 사양 방식에서 벗어나 데이터 중심의 과학적 관리를 가능하게 하는 스마트 양봉이 지속 가능한 양봉업의 핵심 대안으로 부상하고 있다. 본 강연에서는 현재 한국의 스마트 양봉 기술의 발전 수준과 현장 적용 현황을 진단하고, 향후 기술적·정책적 발전 방향을 제시한다. 첫째, ICT 및 IoT 기반의 벌통 관리 기술은 단순 모니터링을 넘어 온·습도 및 CO<sub>2</sub> 농도의 능동적 제어로 확장되며, 봉군의 생존율 개선을 목표로 고도화되고 있다. 둘째, 인공지능(AI) 기반 병해충 및 질병 조기 진단 기술은 딥러닝 기반의 영상 분석을 활용하여 꿀벌 응애, 부패병 등을 비파괴적으로 정밀 탐지하는 혁신을 보여주고 있다. 셋째, 데이터 기반 정밀 사육 및 표준화를 위해 분산된 양봉 데이터를 통합하고 규격화하는 체계적인 시도가 이루어지고 있다. 특히 최신 생성형 AI인 거대언어모델(LLM) 기반 양봉 전용 챗봇 개발의 시도는 복잡한 현장 데이터를 분석하여 농가에 실시간 의사결정 지원을 제공하는 지능형 어시스턴트로서의 높은 가능성을 시사한다. 결론적으로 스마트 양봉의 기술적 융합은 생산성 향상과 생태계 보전을 위해 필수적이며, 민·관·학 협력을 통한 통합 데이터 플랫폼 구축과 표준 체계 정립이 시급하다.

Keywords: Apiculture, Digital Transformation, Smart Beekeeping, Precision Apiculture, Industry Trends, Artificial Intelligence

사사 : 본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업정책지원기술개발사업 꿀벌강건성연구(RS-2025-02283324)의 지원에 의해 이루어진 것임

## Neuroactive Pesticides Differentially Alter Nursing and Foraging Dynamics in Honey Bees

**Young Ho Kim, Euijin You, YeongHo Kim, and Wooju Jang**  
Department of Ecological Science, Kyungpook National University

Honey bees (*Apis mellifera*) exhibit a clear division of labor, transitioning from in-hive nursing tasks to outside foraging activities in an age-dependent manner. This specialization is supported by distinct neurophysiological states essential for colony organization and stability. However, workers are increasingly exposed to neuroactive pesticides through multiple routes: foragers directly encounter agricultural insecticides in the field, whereas nurse bees are indirectly exposed via pesticide residues in nectar and pollen and through miticides applied within colonies. Here, we examined how pesticide exposure differentially affects nurse and forager bees, focusing on neurophysiological regulation and task performance. Behavioral assays revealed that pesticide exposure in nurse bees reduced nursing activity and induced premature activation of forager-associated gene expression in the head, consistent with a precocious nurse-to-forager transition. In contrast, pesticide-exposed forager bees exhibited signs of metabolic dysregulation. These results demonstrate that pesticide exposure disrupts neurophysiological mechanisms underlying task specialization in honey bees and, at the colony level, may weaken social cohesion and resilience, underscoring the need for careful management of chemical stressors to protect pollinator health.

Keywords: Division of labor, Neuroactive pesticides, Nurse-forager transition, Neurophysiology, *Apis mellifera*

Acknowledgments : This research was supported by a fund (Z-1543081-2024-26-01) by Research of Animal and Plant Quarantine Agency, South Korea.

# 전국 예찰 데이터에 기반한 꿀벌 질병 복합감염과 진단 기반 예방관리

허주행

한국양봉농협 동물병원

국내 양봉 현장은 다양한 병원체 노출이 상시화되어 있으며 특히 복합감염이 빈번해 임상 소견만으로 정확한 원인 추정이 어려운 경우가 많다. *Apis mellifera*를 대상으로 2020-2025년 수행한 유전자 검사 기반 질병 예찰 자료(누적 5,888건)를 분석하여 국내 꿀벌 질병의 주요 양상을 요약하고, 데이터 기반 예방적 관리기술의 실용화 방향을 제시하고자 한다. 예찰은 바이러스 7종, 세균 2종, 진균 3종, 외부기생충 2종의 총 14종을 대상으로 수행하였다. 분석 결과 전체 검사 대비 바이러스성 병원체의 양성률은 80% 이상이었고, 세균성 병원체는 최근 3년간 증가 추세를 보였다. 세부적으로는 BQCV가 우세하였으나 최근 IAPV의 증가 양상이 관찰되었다. 또한 세균성 질병인 EFB는 2023년 이후 증가 추세로 현장 관리 측면에서 주의가 요구된다. 특히 2025년 기준 감염 형태에서 복합감염(2종 이상 감염)이 77.5%로 높은 비중을 차지한 반면 단독감염은 17.2%, 음성은 5.3%였다. 이는 단일 원인을 가정한 경험 의존적 처치가 오판으로 이어질 위험을 시사하며, 향후 양봉 질병 관리는 검사 결과와 임상 소견을 통합한 의사결정을 통해 표준화된 진단과 올바른 처치로 연계될 필요가 있다. 이러한 정밀 진단 중심 관리체계는 약품 오남용을 줄이고 내성 및 잔류 문제, 봉군 손실 위험을 낮춤으로써 산업 경쟁력 강화에 기여할 수 있을 것으로 여겨진다.

Keywords: 질병 예찰, 복합감염, 예방적 관리, 분자진단, 약품 오남용

## 지속가능한 꿀 생산과 생태적 가치증진을 위한 밀원단지 조성·관리 기술 개발

권해연, 김현준, 나성준

국립산림과학원 산림특용자원연구과

기후변화, 농약 남용, 질병 확산과 먹이자원 부족 등으로 전세계적 꿀벌 개체수 감소가 보고되는 상황에서 새로운 밀원식물 탐색과 이를 활용한 밀원단지 조성·관리 기술에 대한 사회적·경제적 요구는 계속 증가하고 있다. 본 연구는 기후변화 적응 및 꿀 생산이 우수한 밀원식물을 발굴하고, 조림권역별로 적합한 수종간 조합을 통해 고정양분을 위한 권역별 최적 밀원단지 조성 모델을 제시하고자 수행되었다. 다양한 산림수종 및 재배 식물종을 대상으로 화밀량 및 유리당·아미노산 조성비 등을 조사·평가하여 잠재적 꿀 생산량을 도출하였으며, 지난 3년간 전국 3권역에 매년 2ha씩 각각 6ha 규모의 실증단지를 조성하여 수종별 생육특성과 생존율을 비교·분석하였다. 또한 우수 밀원수종 보급 확대를 위한 유·무성 증식법 개발, 친환경 미생물제제를 활용한 밀원식물 병해충 피해 저감 및 화밀생산성 증진 효과 구명, 기후변화 시나리오별 개화생리와 밀원특성 변화 모니터링을 통한 미래 유망자원 발굴 연구 등을 수행 중이며, 탄소흡수원 확충, 산불피해지 복구, 경관 개선 등 꿀 생산에 부가 가능한 밀원수의 새로운 용도 창출과 밀원단지의 생태·환경적 가치 증진을 위한 연구도 병행하고 있다. 본 연구결과는 「양봉산업의 육성 및 지원에 관한 법률」 이행을 지원하는 동시에 밀원수 특화단지 조성 관련 제도 신설 및 사유림 내 밀원수 조림 확대, 밀원숲의 건전성과 꿀벌 강건성 증진, 지역경제 활성화 등에 폭넓게 기여할 것으로 기대된다.

Keywords: 밀원식물, 밀원단지, 고정양분, 기후변화 적응, 밀원숲 가치증진

사사: 본 연구는 국립산림과학원 일반연구사업(Project No. FG0403-2023-03-2026)의 지원을 받아 수행되었습니다

## 반도체 및 인공지능 기술 기반의 현장형 분자진단 기술을 활용한 데이터 기반 정밀양봉 및 예방적 질병 관리 전략

### Data-driven Precision Apiculture and Preventive Disease Management Strategies based on Semiconductor and AI-powered On-site Molecular Diagnostics

서성민<sup>1</sup>, 홍효진<sup>1</sup>, 이명현<sup>1</sup>, 이연철<sup>1</sup>, 엄태운<sup>1</sup>, 최윤정<sup>1</sup>, 박병형<sup>1</sup>, 한성웅<sup>1</sup>, 설진우<sup>1</sup>, 조은건<sup>1</sup>, 이도영<sup>1</sup>

문경환<sup>2</sup>, 박예은<sup>3</sup>, 김영호<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>㈜옵토레인, <sup>2</sup>경북대학교 질병매개곤충학과, <sup>3</sup>경북대학교 생태과학과

기후 변화에 따른 꿀벌(*Apis mellifera* L) 집단 폐사 대응을 위해 데이터 기반 정밀양봉의 실용화가 시급하다. 본 발표에서는 반도체 기반 고정밀 센서와 인공지능 기술을 결합한 현장형(POCT) Agri-Diagnostics 솔루션을 제안한다. 첫째, 반도체 디지털 PCR 기술을 활용한 벌통 잔해물(Hive Debris) 기반 비파괴 검사로 꿀벌 스트레스를 최소화하며 병원체 7종을 현장에서 즉시 검출한다. 둘째, 고비용 및 장시간(3일 이상) 소요되는 기존 염기서열분석(Sequencing)을 대체하는 디지털 멜팅 분석(DMA) 기술을 소개한다. 인공지능 자동 판독 알고리즘이 적용된 DMA는 3시간 이내에 꿀벌응애의 살비제 저항성 변이(*VSSC L925*)를 고감도로 판별하고, 저항성 비율을 수치화하여 효과적인 맞춤형 처방 데이터를 제공한다. 셋째, GPS 기반 클라우드 연동으로 실시간 질병 지도 및 지능형 예찰 체계를 구축한다. 이러한 혁신은 반도체 및 인공지능 기술의 비약적인 발전으로 가능해졌으며, 양봉산물의 안전성을 입증하고 산업 경쟁력을 강화하는 핵심 동력이 될 것이다.

Keywords: *Apis mellifera* L., Digital PCR, Digital Melting Analysis, Artificial Intelligence, Semiconductor Sensor





# 구두발표

신규학위자발표, Bee Biology (생리육종)

O-01

## Functional Characterization of Waprin in the Reproductive Organs of the Honeybee *Apis mellifera* and the Bumblebee *Bombus terrestris*

**Yun Hui Kim, Bo Yeon Kim, Hyung Joo Yoon, Byung Rae Jin and Kwang Sik Lee**

Department of Applied Bioscience, Dong-A University

Mated queen honeybees (*Apis mellifera*) store viable sperm in their spermathecae for several years, and bumblebee (*Bombus terrestris*) queens store sperm after mating and utilize it for egg fertilization in the spring following overwintering. However, the mechanisms underlying this remarkable long-term sperm storage ability remain unclear. This study presents novel evidence for sperm-binding proteins, Amwaprin in honeybees and Btwaprin in bumblebees. RT-qPCR analysis and immunoassays revealed that waprin is primarily expressed in the testes/seminal vesicles of drones and the spermathecae of queens. Binding assays demonstrated that reduction of these proteins on the sperm surface led to increased H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production, increased sperm motility, and decreased sperm viability. Under temperature and oxidative stress conditions, Btwaprin-treated sperm exhibited higher viability and reduced morphological abnormalities. Additionally, recombinant Btwaprin demonstrated antimicrobial activity. These findings suggest that waprin proteins reduce sperm motility in stored sperm, thereby minimizing energy expenditure and ROS production, while providing protection against temperature and pathogenic stress, ultimately promoting long-term sperm survival.

Keywords: *Apis mellifera*, *Bombus terrestris*, Waprin, sperm-binding protein, long-term sperm storage

O-02

## Sublethal neonicotinoid exposure disrupts circadian and sleep regulation in nurse and forager honey bees (*Apis mellifera*)

**YeongHo Kim<sup>1</sup> and Young Ho Kim<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Ecological Science, Kyungpook National University, Republic of Korea

<sup>2</sup>Research Institute of Invertebrate Vector, Kyungpook National University, Republic of Korea

As key pollinators in agricultural and natural ecosystems, honey bees (*Apis mellifera*) rely on intact circadian clock systems to maintain colony organization, including foraging activity and age-related task allocation. Recent studies suggest that neurotoxic neonicotinoid pesticides disrupt circadian rhythmicity in forager bees; however, their effects across different worker castes remain unclear. Here, we investigated whether sublethal neonicotinoid exposure alters circadian and sleep regulation in both nurse and forager bees. Workers were orally exposed to sublethal doses of acetamiprid or imidacloprid, and locomotor activity and sleep parameters were quantified using automated video tracking with EthoVision XT. Sublethal exposure to both compounds significantly disrupted circadian phase and entrainment. Under light-dark conditions, nurse bees retained circadian rhythmicity but exhibited increased sleep fragmentation, whereas forager bees showed delayed sleep onset and altered total sleep duration. Notably, neonicotinoid exposure induced convergence of sleep phenotypes, with nurse bees displaying forager-like sleep patterns. These findings indicate that sublethal neonicotinoid exposure disrupts caste-specific circadian and sleep regulation in honey bees, potentially impairing the temporal organization of worker roles and colony-level behavioral stability.

Keywords: honey bee, neonicotinoids, behavior, circadian rhythm, sleep regulation

Acknowledgments: This study was supported by a research fund (RS-2025-02303308) from the Rural Development Administration of Korea.

## RFID monitoring revealed disruption of foraging behavior in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) chronically exposed to field-realistic doses of pesticides

**Youngcheon Lim<sup>1</sup>, Joonhee Lee<sup>2</sup>, Young Ho Kim<sup>3,4</sup>, and Si Hyeock Lee<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University

<sup>2</sup> Department of Agricultural Biotechnology, Seoul National University

<sup>3</sup> Department of Ecological Science, Kyungpook National University

<sup>4</sup> Research Institute of Invertebrate Vector, Kyungpook National University

Since pesticides are a necessity rather than a choice in agriculture, potential exposure routes to honey bees remain widely open despite practical efforts to reduce non-target effects. In this study, two systemic insecticides (thiamethoxam and fluvalinate) and two contact acaricides (coumaphos and amitraz) that are widely used for in-hive *Varroa* mite control in Korea, were selected. Each hive was exposed to a single pesticide at field-realistic doses based on previous studies, and 100 age-synchronized bees were collected from each hive. All bees were individually tagged with RFID chips, and the entrance logs recording in-and-out activity were monitored. Based on RFID records obtained between 14 and 35 days of age, systemic insecticides induced earlier foraging activity, whereas contact acaricides induced delayed foraging activity. Although mean foraging duration tended to decrease across all pesticide-treated groups, a statistically significant reduction was observed only in coumaphos-treated group. This study emphasizes the potential threat of residue levels of pesticides that affect unknown neural-physiological-behavioral connections.

Keywords: *Apis mellifera*, Foraging behavior, pesticide, field-realistic dose, RFID system

## 등검은말벌(*Vespa velutina nigrithorax*)의 일령에 따른 노동 분화와 행동 특성

홍동의<sup>1</sup>, Gard W. Ottis<sup>2</sup>, and 정철의<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>식물의학과, 국립 경국대학교

<sup>2</sup>School of environment science, University of Guelph, Guelph

<sup>3</sup>농업과학연구소, 국립 경국대학교

꿀벌 같은 대부분의 사회적 곤충은 개체군을 유지하기 위해 다양한 노동을 분담하는 Polyethism을 지닌다. 그러나 말벌의 경우 공격성, 영소 특성 등의 이유로 이에 대해 알려진 바가 적다. 따라서 본 연구는 실내 조건에서 등검은말벌 일벌의 일령에 따른 노동 분화를 규명하고자 수행되었다. 안동시에서 채집한 등검은말벌집을 아크릴 사육장(26°C, RH 60%)에 설치하고, 우화 이후 일령별 행동변화를 6개 그룹(5일 간격)으로 구분하여 분석하였다. 노동의 종류 청소, 사냥 및 1차 경단작업, 2차 경단작업, 먹이 급여, 증축 재료 채집 등을 포함한다. 다중 대응분석(MCA) 결과, 초기 일령(0-5일)에서는 주로 등지 내부에서 청소 및 유충 먹이 급여를 담당하며, 비교적 어린 개체들은 2차 경단작업에 집중하는 경향을 보였다. 이후 일령이 증가함에 따라(10-20일) 사냥과 1차 경단작업 참여 빈도가 높아졌고, 후기 단계(21일 이상)에서는 신체 능력의 점진적 쇠락과 함께 증축재료 채집이 두드러지게 나타났다. 봉군 내 일벌이 외역으로 전환되기까지 평균 6.3±0.9일이 소요되었으며, 전환 초기에는 죽은 유충을 등지 외부로 치우는 청소행동이 주를 이루었다. 이러한 노동 분화 현상은 사회적 곤충에서 호르몬이나 생리적 발달, 탄화수소 구성에 따라 역할이 구분되는 양상과 유사하며, 본 종의 봉군 내 안정적 자원 분배 및 효율적 생존전략을 시사한다.

Keywords: Age polyethism, 진사회성 곤충, 행동 발달, 역무 전환

## Effects of Noise and Vibration on Survival, Feeding, and Behavior of Honey Bees

권순호<sup>1</sup>, 서예찬<sup>1</sup>, 정철의<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>국립경국대학교 식물학과

<sup>2</sup>국립경국대학교 농업과학기술 연구소

꿀벌은 대표적인 화분매개 곤충으로, 주요 식량작물의 상당수가 꿀벌을 포함한 화분매개 곤충에 의존하고 있다. 최근 도시 확산과 대규모 건설공사로 인해 소음과 진동에 의한 양봉 피해가 지속적으로 제기되고 있으며, 이에 대한 과학적 근거 마련이 요구되고 있다. 본 연구에서는 겨울철 소음 및 진동 환경이 꿀벌에 미치는 영향을 평가하기 위해 실내 실험실 조건에서 월동 봉구 형성 전 성충 꿀벌을 대상으로, 소음 및 진동에 노출시킨 후 사망률, 섭식량 및 행동 변화를 분석하였다. 소음 실험은 대조구, 80, 100, 120 및 소음 강도가 점진적으로 증가하는 60-120dB 처리구로 구성하였으며, 진동 실험은 대조구, 1-5, 6-10, 11-15 및 진동 강도가 점진적으로 증가하는 0-15mm/s 처리구로 설정하였다. 모든 처리구는 10반복으로 구성하였다. 소음 및 진동 노출은 1주일 동안 하루 3회, 회당 20분씩 실시하였다. 소음 노출 결과, 모든 소음 처리구에서 대조구 대비 사망수가 유의하게 많았으며, 실험 기간 중 개체 당 섭식량은 처리구 간 유의한 차이를 보이지 않았다. 행동 분석에서는 소음 처리 후 모든 처리구에서 이동 행동의 비율이 증가하였으며, 특히 대조구에 비해 소음 처리구에서 이동 행동의 비율이 더 높은 것을 확인하였다. 진동 노출 결과, 11-15 mm/s 처리구를 제외한 모든 진동 처리구에서 대조구 대비 사망수가 많았으며, 섭식량에서도 비슷한 결과를 보였다. 행동 분석에서는 1-5 mm/s, 6-10 mm/s 및 0-15 mm/s 처리구에서 시간 경과에 따라 이동 개체의 비율이 증가하였으나, 대조구와 11-15 mm/s 처리구에서는 고정 개체의 비율이 높게 유지되었다. 이러한 결과는 소음 및 진동 노출이 꿀벌의 생존과 행동에 영향을 미칠 수 있음을 시사하며, 향후 꿀벌 스트레스 유전자 분석을 통해 꿀벌 스트레스의 생물학적 근거를 마련하고, 야외 봉군 실험을 통한 실제 봉군 수준에서의 소음 진동 피해를 규명할 계획이다.


Keywords: Noise, Exposure, Vibration, Environmental stress, Behavior



# 구두발표

---

Bee Health (질병 및 병해충)



O-06

## Effects of Oxytetracycline on Gut Microbiome-Mediated Energy Metabolism and Behavioral Maturation in Nurse Bees

**Ye Eun Park<sup>1</sup>, Tae-Min Kim<sup>2</sup>, YeongHo Kim<sup>1</sup>, Jong-Hoon Kim<sup>2</sup>, and Young Ho Kim<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Ecological Science, Kyungpook National University

<sup>2</sup>Department of Biotechnology, Pukyong National University

Honey bees (*Apis mellifera*) are crucial pollinators in agricultural ecosystems, and antibiotic use in apiculture, including oxytetracycline for bacterial disease control, may adversely affect the gut microbiome and host metabolism. In this study, we assessed the effects of oxytetracycline treatment on energy metabolism- and learning/memory-related gene expression in nurse bees, along with predicted functional changes in the gut microbiome. Quantitative PCR analysis showed that oxytetracycline-treated bees exhibited significant downregulation of genes involved in the insulin signaling pathway, energy metabolism, and oxidative phosphorylation, with learning/memory-related genes showing a decreasing trend. Consistently, 16S rRNA gene-based PICRUSt analysis predicted reduced metabolic pathways related to carbohydrate, amino acid, and lipid and organic acid metabolism in the oxytetracycline-treated group. In addition, expression of the *Mfe* gene, associated with juvenile hormone regulation, was reduced following oxytetracycline treatment, suggesting a potential delay in the transition from nurse bees to foragers.

**Keywords:** *Apis mellifera*, oxytetracycline, gut microbiome, energy metabolism, behavioral maturation

**Acknowledgments:** This study was supported by a research fund (RS-2025-02303308) from the Rural Development Administration, Republic of Korea

O-07

## Time-Dependent Effects of Field-Realistic Miticide Exposure on Nursing Behavior and Caste Regulation in Honey Bees

**Euijin You, Wooju Jang, and Young Ho Kim**

Department of Ecological Science, Kyungpook national university

*Varroa destructor*, a major parasite of honey bees, is commonly controlled using synthetic miticides, including coumaphos, fluvalinate, and amitraz. In this study, we investigated how these commonly used miticides affect nursing behavior at field-realistic concentrations. Short-term exposure tended to increase nursing behavior, whereas long-term exposure resulted in its reduction. To elucidate the basis of these contrasting effects, we quantified the expression of foraging-associated genes, caste-regulatory genes, aminergic hormone biosynthesis-related genes, and carbohydrate metabolism-related genes. Notably, short-term exposure upregulated transcripts typically enriched in nurse bees, whereas long-term exposure shifted gene expression profiles toward a forager-like state. This time-dependent pattern was particularly pronounced for caste-regulatory and aminergic hormone biosynthesis genes, which are closely associated with behavioral maturation. Collectively, these findings indicate that even field-realistic miticide exposure can disrupt caste differentiation, potentially promoting precocious behavioral transitions and increasing the risk of colony decline. Our results underscore the importance of judicious miticide use in apiculture.

Keywords: *Apis mellifera*, Nurse bee, Synthetic miticide, Nursing behavior, Caste regulation

Acknowledgments: This study was supported by a research fund (RS-2025-02303308) from the Rural Development Administration, South Korea.

O-08

## Synergistic effects of amitraz and dinotefuran on honey bee health

**Mojtaba Esmacily<sup>1</sup>, Tekalign Begna<sup>1</sup>, Hyeonjeong Jang<sup>1</sup>, Sunho Kwon<sup>1</sup>, and Chuleui Jung<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Plant Medicals, Gyeongkuk National University, Andong 36729, Republic of Korea

<sup>2</sup>Agricultural Research Institute, GyeongKuk National University, Andong 36729, Republic of Korea

Honey bee populations are increasingly threatened by multiple interacting stressors, including pesticide exposure. Among these, agricultural insecticides and anti-*Varroa* acaricides such as dinotefuran and amitraz can persist in hive matrices, resulting in chronic and combined exposure. This study investigates the low lethal effects of these compounds, individually and in combination, on honey bee. Both pesticides negatively affected honey bee health at low lethal concentrations, with dinotefuran showing higher toxicity. Exposure led to the reduced survival, suppression of vitellogenin expression, and dysregulation of genes related to antioxidant defense, immunity, and detoxification. Additionally, high concentrations of dinotefuran and its combination with amitraz impaired hypopharyngeal gland morphology. Notably, co-exposure resulted in synergistic toxic effects, exacerbating physiological damage beyond individual treatments. These findings emphasize the potential risks of combined exposure to agricultural and beekeeping pesticides. A more comprehensive risk assessment and stricter regulations are urgently needed.

Keywords: *Apis mellifera*, neonicotinoids, anti-*Varroa* acaricides, side effects, synergistic effects

O-09

## Effects of Shaded Smart Apiaries on Winter Microclimate Stability and Flight Activity in Honey Bee Colonies

Yongrak Kang<sup>1</sup>, Jinseong Lee<sup>2</sup>, Sungtek Kahng<sup>3</sup> and Chuleui Jung<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Department of plant Medicals, Gyeongbuk National University

<sup>2</sup>Department of Embedded System Engineering, Incheon National University

<sup>3</sup>Department of Information and Telecommunication Engineering, Incheon National University

<sup>4</sup>Agriculture Science and Technology Research Institute, Gyeongbuk National University

The overwintering success of honey bee (*Apis mellifera*) colonies depends on stable climatic conditions and suppression of energy-consuming flight activity. This study evaluated the effects of a shaded smart apiary on external environmental variability, internal colony microclimate, and winter flight activity. From January 1 to January 13, 2026, internal colony temperature and humidity were monitored using multiple sensors, while external ambient conditions were recorded using data loggers. Compared to open field, shaded smart apiaries showed reduced daily ranges of ambient temperature and humidity by approximately 19% and 18%, respectively. Internal colony temperature variability was also reduced by about 29% under shaded conditions. Winter flight activity was completely absent in shaded colonies, whereas open field colonies exhibited up to 982 entrance events per day. These results demonstrate that shaded smart apiaries stabilize winter colony microclimate and effectively suppress unnecessary flight activity, highlighting their potential for improving overwintering management.

Keywords: Overwintering management, Thermal buffering, Environmental variability, Entrance activity, Energy conservation

O-10

## 봄철과 가을철의 말벌류의 밀도 변동 분석

박성빈<sup>1</sup>, 정철의<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국립경국대학교 식물학과

<sup>2</sup>국립경국대학교 농업과학연구소

말벌류는 계절에 따라 군체 발달 단계와 자원 이용이 달라지며, 그 결과 밀도와 위해성이 시·공간적으로 변동한다. 본 연구는 2018-2025년 16개 시·도 말벌류 포획자료를 이용해 봄·가을 밀도 변동과 우점 조성 변화를 정량화하였다. 총 포획 수는 과산포를 고려한 음이항 GLMM(log link)으로 분석하였고, 우점종의 조성비는 이항 GLMM으로 평가하였다(AIC 및 우도비 검정). 그 결과 가을 밀도 증가는 전반적으로 유의했으나, 계절×연도 상호작용이 뚜렷하여 2019-2021년에는 가을/봄 비가 7.24-11.32배로 급증한 반면 2022-2023년에는 2.33-2.49배로 완화되었고, 2018년은 예외적으로 가을/봄 비가 0.87로 나타났다. 공간적으로는 2021년 이후 경상북도·대구광역시 핵심 고밀도 권역으로 반복 확인되었으며, 등검은말벌은 가을에 약 79-82%로 지속적 우점을 보였다. 본 결과는 말벌류 관리가 달려 기반 대응보다, 연도 효과를 반영한 계절 예측과 고밀도 권역 중심의 맞춤형 방제·모니터링으로 설계되어야 함을 시사한다

Keywords: 꿀벌 해충, 계절성, 장기 모니터링, 침입해충

본 연구는 농촌진흥청 기후변화에 따른 말벌류 지표종의 군집구조 및 서식지 변동 평가(RS-2024-00397542)의 지원에 의해 이루어진 것임.

O-11

## Nationwide Surveillance of Honey Bee Diseases in the Republic of Korea (2021–2025)

**Jang-Hyeon Kim, Pham Thi Vinh Hoa, Se-ji Lee, Mi-Sun Yoo, So Youn Youn,**

Yun Sang Cho and Hyang-Sim Lee\*

Parasitic and Honeybee Disease Laboratory, Bacterial Disease Division, Animal and Plant Quarantine Agency, Korea

This study was conducted to systematically investigate the occurrence of honey bee diseases in the Republic of Korea from 2021 to 2025. A total of 4,004 samples were analyzed, including 3,721 samples from *Apis mellifera* and 283 samples from *Apis cerana*. Molecular and pathogen detection analyses were performed to screen for 17 major honey bee diseases. The surveyed diseases included bacterial infections such as American foulbrood and European foulbrood; viral diseases including sacbrood disease, deformed wing virus, acute bee paralysis virus, chronic bee paralysis virus, Israeli acute paralysis virus, Kashmir bee virus, and black queen cell virus; fungal diseases such as chalkbrood and stonebrood; protozoan infection with *Nosema* spp.; and parasitic diseases including tracheal acariasis, parasitic fly infestation, *Varroa destructor* infestation, *Tropilaelaps* mite infestation, and small hive beetle infestation. In addition, exploratory screening for emerging pathogens was conducted in a subset of samples for reference purposes. This long-term nationwide surveillance provides an overview of temporal trends and species-specific distributions of honey bee diseases and serves as a foundational dataset for the development of national honey bee disease monitoring and control strategies.

Keywords: Honey Bee Diseases, Nationwide Surveillance, *Apis mellifera*, *Apis cerana*

O-12

## Efficacy and Optimal Timing of Biological Control for *Varroa destructor* Using Drone Brood Removal Induced by Spacers

**오대근, 김진명, 김윤희, 이창훈, 김동원, 최용수**

국립농업과학원 양봉과

꿀벌응애(*Varroa destructor*)는 양봉 산업에 막대한 경제적 피해를 주는 해충으로, 약제 내성 문제 해결을 위한 친환경적 생물학적 방제법의 확립이 시급하다. 본 연구는 꿀벌응애가 일벌보다 수벌 번데기방을 선호하는 생태적 특성을 이용해 가상(Spacer) 설치로 수벌 집 형성을 유도하고 이를 제거하는 방제법의 실효성을 검증하였다. 연구 결과, 가상사용 봉군에 형성된 수벌 번데기방의 응애 감염률은 평균 29.3%~48.9%로 조사되어, 일벌 번데기방(2.7%~7.7%)보다 약 6.4~10배 이상 유의하게 높았다. 특히 최고 38.3°C의 폭염 조건에서도 수벌 번데기방이 안정적으로 형성되었으며, 수벌방 제거 후 가상 처리구의 응애 밀도는 대조구 대비 유의하게 감소하였다( $p=0.04$ ). 반면 가상 설치가 성충 일벌 수 변화에는 유의한 영향을 미치지 않아 봉군 세력의 안전성이 확인되었다. 시기별로는 7~8월에도 수벌방 생성이 활발하여 방제 적기로 나타났으나, 9월 이후에는 수벌방 생성이 중단되어 기술 적용에 한계가 있었다. 결론적으로 본 기술은 여름철 고온기 꿀벌응애 밀도를 효과적으로 관리할 수 있는 친환경 보조 방제법으로서 실용적 가치가 높다.

Keywords: *Varroa destructor*, Drone brood removal, Spacer, Biological control, Integrated Pest Management (IPM)





# 심포지엄

---

지속 가능한 꿀벌 연구를 위한 한국-태국 협력네트워킹

Korea-Thailand Friendship for Sustainable Bee Science

S-01

## The Journey of Apicultural Research Exchange between Korea and Thailand: From Knowledge Sharing to Strategic Partnership

**Chuleui Jung**

<sup>1</sup> Agriculture Research Institute, Gyeongbuk National University, Andong, Republic of Korea

<sup>2</sup> Department of Plant Medicals, Gyeongbuk National University, Andong, Republic of Korea

This presentation examines the trajectory of substantive academic exchanges between major apicultural research institutions and universities in Korea and Thailand over the past decades. Both nations have established a close collaborative research system to address common challenges threatening the sustainability of the Asian beekeeping industry, such as climate change, the spread of invasive pests, and the decline of pollination resources. Research cooperation has primarily focused on three areas. First, joint surveys were conducted to identify the ecological characteristics and genetic variations of *Tropilaelaps* and *Varroa* mites, contributing to the establishment of control strategies across Asia. Second, to analyze the impact of climate change on pollination services, environmental data were shared through cooperation with regional hub universities to develop future predictive models. Third, technological and human resource exchanges were carried out to preserve the indigenous *Apis cerana* and enhance the value of bee products, seeking ways to increase the income of local beekeepers. These multifaceted exchanges have led to tangible achievements, including numerous joint publications and the training of experts. The partnership is now entering a next-generation phase, moving beyond information sharing toward the development of AI-based smart beekeeping and low-carbon management systems. This session reviews past cooperation models and proposes a strategic roadmap to strengthen the global competitiveness of apicultural science in Asia.

Keywords: Beekeeping, Korea, Thailand

## From Forests to Farms: Sustainable Beekeeping in the Mekong Region

**Terd Disayathanoowat**

SMART BEE SGDs Research Center, Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University,  
Chiang Mai, Thailand

Beekeeping in the Mekong or mainland Southeast Asia—Thailand, Myanmar, Laos, Vietnam, and Cambodia—represents a continuum from traditional honey hunting to increasingly modernized apiculture systems. The region's tropical climate, high floral diversity, and dominance of smallholder agriculture create favorable conditions for honey bee and stingless bee management, while also supporting long-standing human-bee interactions dating back to prehistoric periods. High diversity of *Apis* species and stingless bees has enabled the utilization of bees as forest-derived resources and, more recently, as components of organized agri-food industries producing high-value bee products. Beekeeping development varies markedly among countries due to differences in technological access, institutional capacity, and government support. Thailand and Vietnam exhibit relatively advanced apicultural systems, characterized by the widespread management of *Apis mellifera* alongside native *Apis cerana*, commercial-scale production, and strong orientation toward domestic and international markets. Vietnam, in particular, employs large-scale migratory beekeeping to supply global honey markets. In contrast, Myanmar and Laos maintain predominantly traditional and smallholder-based systems, relying heavily on *Apis cerana* beekeeping and wild honey harvesting from forest ecosystems. Cambodia remains largely dependent on traditional forest honey collection, especially from giant honey bees, although managed beekeeping is gradually emerging through conservation- and livelihood-oriented initiatives. Across the Mekong region, beekeeping contributes significantly to rural livelihoods, crop pollination, and biodiversity conservation. However, the sector faces common challenges, including deforestation, habitat degradation, agrochemical exposure, climate change, bee diseases, and honey adulteration. Addressing these constraints will require enhanced regional cooperation, capacity building, and the promotion of sustainable beekeeping practices. Targeted technical and institutional support, including international cooperation mechanisms such as the Mekong-Korea Cooperation Fund (MKCF), may play a critical role in strengthening the resilience and long-term sustainability of beekeeping systems in mainland Southeast Asia.

Keywords: Beekeeping, Mekong, MKCF, Multidisciplinary Science

## Synergistic Anti-Acne Film-Forming Gels Based on Bioactive Bee Products and Low-Dose Salicylic Acid: A Skin-Friendly Alternative to Conventional Therapies

**Wantida Chaiyana**<sup>1,2,3,4,\*</sup>, **Suvimol Somwongin**<sup>1,2</sup>, **Patcharin Phokasem**<sup>2,5,6</sup>, **Terd Disayathanooat**<sup>2,6</sup>, **Wei-Chao Lin**<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Department of Pharmaceutical Sciences, Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>2</sup>Research Center of Deep Technology in Beekeeping and Bee Products for Sustainable Development Goals (SMART BEE SDGs), Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>3</sup>Multidisciplinary and Interdisciplinary School, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>4</sup>Center of Excellence in Pharmaceutical Nanotechnology, Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>5</sup>Office of Research Administration, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>6</sup>Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>7</sup>Department of Cosmetic Science and Institute of Cosmetic Science, Chia Nan University of Pharmacy and Science, Tainan, Taiwan

Acne vulgaris is a prevalent dermatological disorder that often requires long-term treatment with high-concentration chemical agents, which can lead to skin irritation, reduced tolerance, and poor patient compliance. To address these limitations, this study aimed to develop a novel film-forming gel incorporating bioactive bee products, including propolis, honey, and royal jelly, in combination with a safe, low-dose salicylic acid (0.1% w/w) to achieve effective antimicrobial activity with enhanced skin compatibility. The antibacterial efficacy of individual bee products and their combinations was evaluated against *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, and *Cutibacterium acnes* using agar inhibition zone assays. Propolis (1% w/w) demonstrated the strongest individual antibacterial activity among the tested bee products. Notably, combining bee products with low-dose salicylic acid produced a pronounced synergistic effect, particularly against *C. acnes*, yielding a large inhibition zone of  $40.8 \pm 0.8$  mm. The optimized formulation, composed of polyvinyl alcohol (PVA) and Carbomer<sup>®</sup> 940 with polyethylene glycol 400 and glycerin as plasticizers, exhibited a skin-compatible pH of 5.0, suitable viscosity, and the ability to form a transparent, flexible, and adherent film. The final film-forming gel achieved complete inhibition of *S. aureus* and *S. epidermidis*, indicating broad-spectrum antimicrobial performance. In conclusion, this study demonstrated that bee product-based film-forming gels combined with low-dose salicylic acid represent a promising, skin-friendly alternative to conventional acne treatments, offering reduced chemical burden while maintaining high antibacterial efficacy.

**Keywords:** *Tropilaelaps mercedesae*, virome, RNA-seq, RNA viruses, novel viruses. Acne vulgaris; Film-forming gel; Bee products; Propolis; Salicylic acid; Antibacterial activity; *Cutibacterium acnes*; Cosmeceutical formulation

## Physicochemical properties, Bioactive Compounds, Volatile Constituents, and Taste Profiles of *Apis mellifera* Honey from Longan (*Dimocarpus longan*) Flower in the Upper Region of Northern Thailand

**Rajinibhas Sukeaw Samakradhamrongthai<sup>1,2,3\*</sup>, Terd Disayathanoowat<sup>2,4</sup>, Gerry Renaldi<sup>5,6</sup>, Arriya Tadtan<sup>3,5</sup>, Napatsawan Chaimahawan<sup>3,5</sup>**

<sup>1</sup>Division of Product Development Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>2</sup>Research Center of Deep Technology in Beekeeping and Bee Products for Sustainable Development Goals (SMART BEE SDGs), Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>3</sup>Interdisciplinary and Food product development for wellness Research Unit, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>4</sup>Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>5</sup>Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>6</sup>Department of Food Science and Technology, Division of Food Innovation Design and Development, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

Honey is a natural sweet product produced by *Apis mellifera* L. from floral nectar, with monofloral honeys defined by the predominance of pollen from a single botanical source. In northern Thailand, longan (*Dimocarpus longan*) flowers serve as the primary nectar source for honeybees. This study characterized longan honey (LH) properties collected from the upper northern region of Thailand during February–April 2025. Significant differences ( $p < 0.05$ ) among LH samples were observed for moisture content (18.65–19.68%), color (1.67–52.45 mm Pfund; water white to light amber), pH (3.94–4.55), free acidity (1.97–18.30 meq/kg), and hydroxymethylfurfural content (27.37–30.97 mg/kg). Total phenolic content ranged from 11.95 to 47.03 mg GAE/100 g sample, while total flavonoid content varied from 0.26 to 23.68 mg CE/100 g sample. Antioxidant-related activities differed among samples, as indicated by  $IC_{50}$  values for DPPH (77.30–763.01 mg/mL) and ABTS (70.56–843.46 mg/mL), along with FRAP values of 5.54–29.03 mg TE/100 g sample. Volatile analysis showed esters, ketones, aldehydes, and alcohols as the dominant compound classes, with 3-nonanone (24.84–361.16  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) detected in all samples, followed by  $\beta$ -pinene (2.74–13.07  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) and methyl cinnamate (0.84–6.38  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in most samples. Taste profiling revealed distinct sensory patterns, ranging from samples with high sour-sweet perception and low bitterness to those with elevated bitterness and reduced savory notes. Principal component analysis based on physicochemical properties, volatile compounds, and taste profiles explained 99.3%, 97.2%, and 79.9% of the total variance, respectively, within two principal components. Overall, despite a shared floral origin, longan honeys exhibited pronounced compositional and sensory variability, underscoring their relevance for quality assessment and botanical origin authentication.

Keywords: *Apis mellifera*, Aroma-active volatile compound, Honey, Taste profile, Flower

## Acute Toxicity of Fine Particulate Matter (PM2.5) Disrupts Detoxification and Stress Pathways in the Eastern Honeybee (*Apis cerana*)

**Patcharin Phokasem<sup>1,2,3</sup>, Chainarong Sinpoo<sup>1,2,3</sup>, Sasiprapa Krongdang<sup>4</sup>, Salinee Jantrapirom<sup>5,6</sup>, and Terd Disayathanoowat<sup>2,3\*</sup>**

<sup>1</sup>Office of Research Administration, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>2</sup>Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>3</sup>Research Center of Deep Technology in Beekeeping and Bee Products for Sustainable Development Goals (SMART BEE SDGs), Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>4</sup>Faculty of Science and Social Sciences, Burapha University Sa Kaeo Campus, Sa Kaeo, Thailand

<sup>5</sup>Drosophila Centre for Human Diseases and Drug Discovery (DHD), Faculty of Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>6</sup>Department of Pharmacology, Faculty of Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

Air pollution is a growing environmental and public health concern in Thailand, particularly in urban and industrial regions. Fine particulate matter (PM2.5), originating from vehicle emissions, biomass burning, and industrial activities, is a major pollutant known to penetrate deep into biological tissues, causing oxidative stress and physiological damage. While the impacts of PM2.5 on human health are well-documented, its effects on essential pollinators such as *A. cerana* remain largely unexplored. Understanding how PM2.5 affects these pollinators is critical, as they play a vital role in agriculture, ecosystem stability, and food security in Thailand. This study aimed to investigate the acute toxicity effects of PM2.5 on *A. cerana*, focusing on mortality and the regulation of detoxification and stress pathways. Newly emerged worker bees were collected from healthy colonies and orally exposed under controlled laboratory conditions to varying concentrations of PM2.5 (1, 10, 100, 200, and 300 µg/bee). The 100 µg/bee dose was selected for acute toxicity testing to assess its effects on gene expression. RT-qPCR was performed to analyze differential gene expression, with a focus on xenobiotic detoxification (e.g., cytochrome P450s) and stress response pathways. Statistical analyses were conducted to compare mortality rates and transcriptional changes between exposed and control groups. Exposure to PM2.5 induced dose-dependent mortality, while transcriptomic analysis revealed significant alterations in the expression of genes involved in xenobiotic detoxification (e.g., cytochrome P450s) and stress responses compared with controls. These findings suggest that PM2.5 exposure compromises not only bee survival but also stress resilience. This study demonstrates that PM2.5 poses lethal risks to *A. cerana*. Alterations in detoxification- and stress-related gene expression highlight potential mechanisms by which air pollution undermines bee health. These findings provide novel insights into the vulnerability of *A. cerana* to environmental pollutants and underscore the urgent need for strategies to mitigate the impact of air pollution on pollinators in rapidly urbanizing regions.

Keywords: *Apis cerana*; acute toxicity; detoxification; stress response; particulate matter (PM2.5); pollinator health

S-06

## Atmospheric-pressure plasma technology represents a novel and promising approach for improving honeybee health by effectively inactivating pathogenic microorganisms and controlling parasitic mites

**Chainarong Sinpoo<sup>1,2,3</sup>, Thummanoon Boonmee<sup>4</sup>, Terd Disayathanoowat<sup>1,3</sup>, and Veeranan Chaimanee<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Bee Protection Center, Microbiology Section, Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>2</sup>Office of Research Administration, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>3</sup>Research Center of Deep Technology in Beekeeping and Bee Products for Sustainable Development Goals (SMART BEE SDGs), Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>4</sup>Department of Agro-Industrial Biotechnology, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae, 54140, Thailand

The Thai commercial honeybee (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) is a vital pollinator for many economically important crops, yet its populations are declining due to multiple stressors, including pesticide exposure, ecological changes, reduced genetic diversity, and pathogenic infections. Among these, *Varroa destructor* mites and microsporidian and fungal pathogens represent significant threats to colony health and survival. Atmospheric-pressure plasma technology has emerged as a promising non-chemical strategy for improving honeybee health by simultaneously inactivating pathogens and controlling mites. This non-thermal plasma generates reactive species—ions, electrons, radicals, and UV photons—under ambient conditions, making it suitable for open-field applications without requiring a vacuum chamber. In this study, atmospheric-pressure plasma was applied for material modification and pathogen suppression in beekeeping. Plasma treatment of cardboard carriers enhanced the adsorption and sustained release of essential oils, thereby increasing their efficacy against *Varroa* mites. Additionally, non-thermal plasma exhibited strong antifungal activity by effectively inactivating fungal spores. The anti-microsporidian effect of plasma was further evaluated against *Nosema ceranae*, a major honeybee pathogen. Both direct gas plasma exposure and plasma-activated water (PAW) treatments significantly reduced *N. ceranae* spore loads in adult bees, with the greatest reduction observed 14 days post-inoculation, when relative germination decreased to 12.58–28.12%. Overall, these findings demonstrate the potential of atmospheric-pressure plasma technology as an innovative, environmentally sustainable approach to honeybee health management. By enhancing the efficacy of natural acaricides and reducing pathogen burdens without chemical residues, plasma-based interventions could contribute to more resilient beekeeping practices and support the sustainability of pollination services essential for global agriculture.

Keywords: Varroa mite, atmospheric-pressure plasma, essential oil, surface modification, *Ascosphaera apis*, chalkbrood, Nosema

S-07

## Ecological viromics reveals novel viral diversity and strong host partitioning in tropical bees and ectoparasitic mites in Thailand

Minhyeok Kwon<sup>1</sup>, Phaksorn Lawsubtawee<sup>2,3</sup>, Patcharin Phokasem<sup>2,3</sup>, Bajaree Chuttong<sup>3,4</sup>, Nuttapol Noirungsee<sup>2,3</sup>,  
Terd Disayathanoowat<sup>2,3</sup>, **Eui-Joon Kil**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Plant Medicals, Gyeongsuk National University, Andong, South Korea

<sup>2</sup>Research Center of Deep Technology in Beekeeping and Bee Products for Sustainable Development Goals (SMART BEE SDGs), Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>3</sup>Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

<sup>4</sup>Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

Tropical pollinators host complex and understudied viral communities that are pivotal for colony health and ecosystem stability. Here, we present a comprehensive virome profile of five honey bee species, two stingless bee species, and two ectoparasitic mites sampled from forest-agriculture ecotones in northern Thailand. High-throughput sequencing and RT-PCR validation revealed a broad spectrum of viruses, including both known and novel RNA and DNA viruses. Specifically, pronounced divergence in the host-interacting VPg and N-terminal leader domains of a novel lineage, BQCV-dwarf, implies molecular adaptation driven by host specificity. Contrary to expectations, the majority of novel viral sequences showed the closest homology to plant-infecting viruses rather than insect-specific taxa. These plant-associated viruses exhibited a highly structured distribution with minimal overlap across host species, indicating robust ecological barriers to transmission. While deformed wing virus and other common bee viruses were prevalent, their distribution contrasted sharply with the host-restricted patterns of plant-associated viruses. Our findings unveil unexpected viral diversity and strong host partitioning within tropical pollinator networks, highlighting the necessity for integrated pathogen surveillance that extends beyond traditional honey bee models.

Keywords: Virome profiling, tropical pollinators, plant-associated viruses, host specificity, novel BQCV strains



# 교육

---

꿀벌 날개 시맥 분석을 통한 꿀벌 계통 식별 교육

S-08

## Training on Lineage Identification Technology Based on Honeybee Wing Venation Analysis

오대근<sup>1</sup>, 안현모<sup>2</sup>, 조효려<sup>3</sup>, 이상식<sup>4</sup>, 김성연<sup>5</sup>, 김종원<sup>6</sup>, 최덕균<sup>7</sup>, 김동원<sup>1</sup>, 이창훈<sup>1</sup>, 최용수<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국립농업과학원 양봉과, <sup>2</sup>충청북도농업기술원, <sup>3</sup>충청남도농업기술원, <sup>4</sup>전북특별자치도농업기술원, <sup>5</sup>전라남도농업기술원, <sup>6</sup>경상남도농업기술원, <sup>7</sup>예천군곤충연구소

전국 꿀벌 증식장의 꿀벌 계통을 과학적으로 관리하기 위한 꿀벌 날개 시맥(wing venation) 분석 기술의 보급을 목적으로 한다. 꿀벌의 날개 시맥은 유전적 통제하에 형성되는 고유한 기하학적 구조를 지니며, 환경적 요인에 의한 변이가 적고 안정적인 유전성을 나타내어 계통 판별을 위한 핵심 표현형질로 활용된다. 특히 시맥 분석 기술은 고비용의 유전 분석에 비해 경제적 부담이 적고 기술적 접근성이 뛰어나, 현장 담당자가 자체적으로 봉군 특성을 점검할 수 있는 효율적인 기초 진단 도구이다. 주요 교육 내용은 시료 채취 표준화, 디지털 이미지 분석 프로그램을 활용한 분석 및 결과 해석을 포함한다. 본 기술의 확산을 통해 증식 봉군의 무분별한 계통 혼합을 차단하고, 우수 꿀벌 유전자원의 안정적 보존 및 지역 단위 육종 관리 체계의 정밀도를 제고함으로써 국가 양봉 산업의 기술적 기반 확립에 기여하고자 한다.

Keywords: Honeybee, Wing venation analysis, Lineage identification, Multiplication center, Breeding management



# 교육

---

청년양봉인 대상 기술 심화 교육

S-09

## 꿀벌 육종 연구 현황과 민간 육종 전략

김동원\*, 오대근, 이창훈, 김진명, 김윤희, 최용수  
국립농업과학원 농업생물부 양봉과

최근 전 세계적인 기후 위기와 환경 변화로 인한 봉군 폐사 및 꿀벌응애의 약제 저항성 증가는 양봉 산업의 지속가능성을 심각하게 위협하고 있다. 본 연구는 국내외 꿀벌 육종 연구의 최신 동향을 분석하고, 전통적 육종 방식의 한계를 극복하기 위한 디지털 농업 기반의 민간 육종 전략을 제시하고자 한다. 현재 국내 육종 연구는 농촌진흥청을 중심으로 '장원별'과 같은 다수확 품종 개발로 양봉산물 다생산에 중점적으로 연구 개발해왔다. 최근에는 꿀벌응애 저항성(VSH, Varroa Sensitive Hygiene) 및 기후 적응형 계통 선발로 그 패러다임이 이동하고 있다. 특히 꿀벌 날개 시맥을 활용한 기하학적 형태 측정학(Morphometrics) 분석에 AI 및 딥러닝(DeepWings 등) 기술이 도입되면서 아종 분류 및 우수 형질 선발의 정밀도가 획기적으로 향상되었다.

본 교육은 청년양봉인을 대상으로 꿀벌 생리·생태의 이해를 통한 꿀벌 육종에 대해 알아본다. 또한 민간에서 이용할 수 있는 육종 전략을 소개함으로써 청년양봉인이 스스로 우수 형질을 고정하고 보급할 수 있는 기술적 토대를 제공하며, 궁극적으로 꿀벌의 생태적 가치 보존과 양봉 농가의 경제적 안정을 도모하는 데 기여할 것으로 기대된다.

Keywords: Honeybee, breeding, Breeding strategy

S-10

## 양봉산물의 기능성 및 이용 연구 현황

최홍민, 우순옥, 임푸름, 손윤곤, 이문선  
국립농업과학원 양봉과

양봉산물에는 꿀을 비롯하여 프로폴리스, 벌화분, 로열젤리, 봉독, 수벌번데기, 밀랍 등이 있으며, 이러한 양봉산물은 다양한 기능성을 갖는다. 예로부터 양봉산물에 대한 효능은 동의보감 등 여러 고서적에 언급되어 왔으며, 민간에서 치료를 목적으로 이용되어 왔다. 최근 다수의 연구를 통해 이러한 양봉산물의 우수성 및 기능성에 대해 과학적인 검증이 이뤄지고 있으며, 이러한 기능성에 기인한 고부가가치 소재화 및 다양한 제품이 개발되고 있다. 꿀은 밀원식물에 따라 서로 다른 생리 활성을 나타내며, 프로폴리스는 현재 건강기능식품으로 이용되고 있으며, 벌화분은 꿀벌의 단백질원으로 꿀벌 뿐만 아니라 인간에게도 유익한 성분을 많이 포함하고 있다. 로열젤리의 경우 지표성분인 10-HDA를 비롯한 다양한 기능의 단백질을 함유하고 있으며, 봉침으로 한방에 이용되던 봉독은 최근 원료의약품으로 등록되었으며, 수벌번데기는 식품원료로 등록되어 식용곤충으로 이용되며, 고단백의 근력개선 에너지원으로 이용되고 있다. 밀랍은 과거 양초 등에 많이 이용되었으며, 최근에는 벌집꿀의 원산지 판별을 위한 소재로의 가능성을 보이고 있다. 이처럼 양봉산물은 다양한 기능을 나타내며, 산업적 소재개발을 통해 고부가가치화하여 양봉농가의 소득 증대에 기여할 것으로 기대된다.

Keywords: 양봉산물, 기능성, 제품소재화

사사: 본 연구는 농촌진흥청 사업(과제번호: RS-2023-00228817)의 지원으로 수행 되었습니다.



# 교육

---

최신양봉기술 확산을 위한 선도농가 대상 워크숍

## 꿀벌 우수 품종 육성 및 보급체계

최용수, 김동원, 오대근, 이창훈, 김진명, 김윤희  
농촌진흥청 국립농업과학원 양봉과

우리나라 꿀벌 품종 육종 연구의 결과, 서양종꿀벌 4종, 토종벌 2종의 품종이 개발되어 있다. 최근 농진청에서 개발한 고품질 로열젤리 생산 품종인 젤리킹은 로열젤리 제품의 고품질화를 선도하는데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 그러나 한정적인 유전자원을 가지고 육종 연구를 하는 데는 한계가 존재한다. 따라서 우리나라의 가장 시급한 과제를 다양한 유전자원의 확보를 통한 우수 품종 육성의 기반 조성이 필요하다. 그리고 이러한 유전자원의 안정적인 유지 보전을 위한 수벌 정액 장기보존 기술의 국내 확립하는 것이 시급하다. 전 세계적으로 꿀벌의 개체 수가 감소하고 있는 상황에서 국내외 꿀벌 육종의 방향은 꿀벌응애 저항성 품종 또는 면역력 우수 강건 품종을 개발하는데 노력하고 있다. 이러한 육종 연구에는 전통적인 방법을 포함한 인위적인 면역력 부여 및 분자 육종을 통한 우수 꿀벌 품종 육종 연구에 더욱 노력할 필요가 있다. 아울러 이러한 육종 결과물인 우수 꿀벌 품종의 보급 또한 매우 중요하다. 안전하고 안정적인 보급체계의 구축이 필요하다. 따라서 현재 우리나라에서는 농진청에서 우수 품종의 보계, 부계 원원여왕벌을 생산하고 생산된 원원여왕벌을 도지사체에 보급하여 도에서 원여왕벌을 증식하여 보급중 생산 후 보급하는 꿀벌국가보급체계가 마련되어 있다. 이러한 국가보급체계의 안정적인 운용을 통한 우수 품종의 양봉농가 보급 기능의 강화가 필요하며, 지속 가능한 양봉산업을 위해서 환경 적응력이 우수하거나 병해충에 대한 우수한 저항성을 보유한 품종의 개발과 보급은 지속적으로 수행해야 할 중요한 과제이다.

Keywords: 꿀벌, 육종, 정액장기보존, 분자육종

## Standardization of Honey Bee Pollination Techniques in Major Horticultural Crops

Kyeong Yong Lee, Hee-Ji Kim, Su-Jin Lee, Bo-Sun Park, Soo-Bae Kim, Young-Bo Lee, Gyu-Won Kwak,  
Min-Woong Son, Dong-Hee Lee, Seong-Hyun Min

Department of Apiculture, National Institute of Agricultural Sciences, Korea

곤충이 제공하는 화분매개 서비스는 생물의 다양성을 비롯하여 농업의 생산, 인류의 식량안보에 필수적인 혜택을 제공한다. 최근 기후변화에 의한 서식지 변화, 환경오염 등으로 인한 자연 화분매개자가 줄어들면서 농작물에 직접적으로 사용되는 상업적인 화분매개 서비스가 보편화되고 있다. 국내에서도 2025년 화분매개곤충 실태조사 결과, 한 해 화분매개로 사용되는 화분매개곤충 76.4만봉군이 38.7만 ha에서 사용되고 있고, 사용률이 40%에 이르고 있다. 이중 꿀벌은 국내 화분매개 점유율의 60%로서 한해 46만 봉군이 화분매개용으로 사용되고 있다. 농작물에서 꿀벌을 통한 계획적인 화분매개를 위해서는 공급되는 봉군과 현장의 이용 관리기술의 표준화가 선행되어야 한다. 농촌진흥청에서는 2017년부터 딸기와 수박을 시작으로 9종의 주요 원예작물에 대한 꿀벌 표준 화분매개 기술을 개발하여 보급하고 있다. 또한, 딸기, 참외와 같이 3개월 이상 화분매개가 필요한 작물과, 수박, 멜론, 사과와 같이 1개월 미만 화분매개가 필요한 작물에 대한 봉군의 생산기술 표준화에도 힘쓰고 있다. 또한 최근 양봉꿀벌의 소실에 대한 대응으로 재래꿀벌(토종벌)의 딸기와 수박에서의 화분매개 기술도 소개한다.

S-13

## 양봉산물의 생산과 이용

우순옥, 최홍민, 임푸름, 김선미, 이샘결  
농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 양봉과

꿀벌이 만드는 소중한 자원, 양봉산물은 꿀벌의 자연스러운 활동 과정에서 얻어지는 안전하고 귀중한 생물자원이다. 우리가 일상에서 만나는 양봉산물은 벌꿀, 벌화분, 로열젤리, 프로폴리스, 밀랍, 봉독, 수벌번데기입니다. 벌꿀은 꽃에서 모은 꿀을 벌이 숙성시켜 만든 자연식품으로 에너지원, 항산화 성분이 함유되어 있으며, 남녀노소 누구나 섭취 가능하다. 벌화분은 꽃가루를 묻쳐 만든 자연 영양 덩어리로 단백질, 아미노산, 비타민, 미네랄이 풍부한 건강식품 원료이다. 로열젤리는 여왕벌이 먹는 특별한 음식으로 활력증진, 프리미엄 건강식품, 화장품 소재이다. 프로폴리스는 벌이 벌집을 보호하기 위해 만든 천연 방어물질로 항균·항산화 성분으로 건강·위생 제품에 활용되고 있다. 밀랍은 벌집을 구성하는 천연 왁스로 화장품, 식품 코팅, 생활용품 등 다양한 산업에 사용되고 있다. 봉독은 전기자극 방식으로 채집되며, 멜리틴, 아파민 등 생리활성 펩타이드가 다량 함유되어 있으며, 화장품, 천연항생제로 활용하고 있다. 수벌번데기는 수벌집을 넣어 생산하여 식품으로 이용하는 것으로 단백질, 지방산 등이 풍부하다. 이런 양봉산물은 식품 및 건강기능식품 소재, 의약·바이오 소재, 화장품 산업, 사료·농업 소재, 지역 특산물·농가 소득원으로 이용하고 있다. 양봉산물은 자연·건강·산업을 잇는 미래 자원이다. 국산 양봉산물이 중요한 이유는 국내 환경에서 생산되어 안전하고 신뢰 가능하며, 생산 이력 관리로 품질 확인 가능하고 양봉농가 소득 증대와 농촌경제의 활성화에 기여할 수 있다.

Keywords: 양봉산물, 벌꿀, 벌화분, 로열젤리, 프로폴리스

사사: 본 연구는 농촌진흥청 사업(과제명: 수입산 아까시꿀 대응기술 개발)의 지원으로 수행되었습니다.

S-14

## 우수 밀원식물 발굴 및 밀원숲 확대 방안

김현준, 원상재, 박지민, 나성준  
국립산림과학원 산림특용자원연구과

최근 기후변화와 생태계 불안정성으로 양봉산업의 지속가능성이 위협받고 있으며, 이를 해결하기 위한 방안으로 생태계 종다양성 유지, 꿀벌의 지속적인 먹이 제공 및 채밀 기간 연장을 위해 다양한 개화시기를 갖는 밀원식물로 구성된 밀원숲의 조성이 중요하다. 본 연구는 밀원생산성이 우수한 밀원식물을 탐색·평가하여 꿀벌의 번성과 양봉산업을 지원하는 우수 자원을 발굴하고자 한다. 이를 위해 과학적이고 객관적인 밀원생산성을 비교할 수 있는 조사 매뉴얼을 확립하였으며, 이를 활용하여 목본식물 51종에 대한 밀원가치 평가를 수행하였다. 그 결과, 국내 양봉산업에 가장 큰 비중을 차지하는 아까시나무보다 밀원생산성이 우수한 무환자나무, 쯤목형, 족제비싸리, 회화나무, 붉나무 등 24종을 발굴하였다. 초본식물은 메밀, 유채 등 농업작물 뿐만 아니라 꿀풀, 털부처꽃, 참당귀, 산꼬리풀, 고려엉겅퀴 등 자생식물을 포함하여 총 26종의 밀원생산성을 구명하였다. 한편, 밀원숲 확대의 정책지원 기반 마련을 위해 헛개나무, 쉬나무 등 우수 밀원수 9종을 대상으로 기후대별 적합수종 발굴 및 최적 임분밀도 구명을 위한 권역별 밀원단지 실증시험림을 3권역 총 18ha를 조성하였다. 또한, 밀원단지의 복합경영밀원림 조성 모델을 개발하기 위해 밤나무 재배단지 하층에 산꼬리풀을 수하식재하여 임산물과 양봉산물 동시생산을 통한 추가 소득 창출 가능성을 확인하였다. 이러한 연구결과는 체계적인 산림밀원 확충을 통해 산림의 공익적 가치 증진과 지속가능한 양봉산업 활성화에 기여할 것으로 판단된다.

Keywords: Honey plant, Nectar production, Honey yield, Honey plant area

사사: 본 연구는 국립산림과학원 일반연구사업(Project No. FG0403-2023-01-2026)의 지원을 받아 수행되었습니다.

## 비정상 꿀벌의 현장 감별진단과 진단 기반 처치 전략

허주행

한국양봉농협 동물병원

국내 양봉 현장에서는 비정상 꿀벌 발생이 반복되며 임상 소견만으로 원인 병해충을 특정하기 어렵다. 비정상 개체(예: 기는 꿀벌)는 꿀벌 응애, 바이러스 질병, 노제마증 등 다요인과 연관될 수 있어 발생 개체의 상태와 발생 시기 및 임상 양상, 식량 저장 상태, 응애 감염 정도, 온도(일교차) 및 농약 노출 가능성 등을 종합적으로 점검하는 표준화된 진단 접근이 필요하다. 또한 봉충 이상에서는 부저병과 Parasitic Mite Syndrome(PMS)의 임상 감별을 선행하여 불필요한 처치를 줄여야 한다. 방제는 약품의 종류나 반복 주기 자체보다 처치 시점의 적절성과 약품 선택의 타당성을 우선 고려해야 하며, 진단 없는 약품 적용에 따른 오남용과 봉군 피해를 예방하는 방향으로 설계되어야 한다. 결론적으로 임상 소견과 검사 결과를 통합한 진단-해석-처치 연계가 정착될 때 약품 오남용을 줄이고 봉군 손실 위험을 낮추는 데이터 기반 예방관리의 실용화가 가능하다.

Keywords: 비정상 꿀벌, 꿀벌 응애 관리, 예방적 병해충 관리



# 구두발표

---

Beekeeping (사양관리), Pollination (화분매개 및 밀원식물)

## 꿀벌의 동면상태 유지 데이터 획득을 위한 스마트 벌리지 실증사업 사례

정원기<sup>1</sup>, 김재원<sup>2</sup>, 이승재<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(주)은팜, <sup>2</sup>(주)환경과안전, <sup>3</sup>국가농림기상센터

본 실증사업은 최근 기후변화로 인한 이상기상 현상과 꿀벌의 활동 주기 불일치 등으로 발생하는 벌집군집붕괴현상(CCD)에 대응하기 위해, 꿀벌의 안정적인 동면 상태를 유지하기 위한 데이터 획득 및 스마트 관리 체계의 실증적 방안을 고찰한다. 기존 양봉 방식의 한계를 극복하기 위해 ICT 기술을 활용한 스마트 벌리지 실증사업을 제안하며, 특히 꿀벌 폐사율 저감을 위한 예방적 관리 기술의 실용화 가능성을 탐색하는 데 목적이 있다.

이를 위해 본 실증사업에서는 인공 동면 시설 내부에 IoT 센서 기반의 모니터링 시스템을 구축하여 온도, 습도, CO<sub>2</sub>농도 등 환경 데이터와 사봉 계수, 봉군 열화상 이미지 등 생육 데이터를 수집하고 분석한다. AI 기반 영상 분석 기술을 적용하여 봉군 이상 및 봉구 형성 여부 등을 탐지하고 꿀벌의 상태 변화를 사전에 감지하는 예방적 관리 알고리즘의 구현 방안을 포함한다.

경상남도 산청군농업기술센터에서 진행되고 있는 본 실증사업을 통해 축적된 양질의 데이터는 꿀벌의 동면 최적 환경 모델을 정립하는 기초 자료가 될 것으로 기대된다. 나아가 이러한 데이터 기반의 정밀 양봉 기술은 관리 인력의 노동 강도를 경감시키고, 월동 성공률 제고를 통한 양봉농가의 소득 안정화 및 국내 양봉산업의 글로벌 경쟁력 강화에 기여할 수 있을 것으로 전망된다. 또한 본 실증사업을 통해 향후 AX 양봉 기술의 표준화 및 광범위한 현장 보급을 위한 기술적·실무적 토대를 제공할 수 있을 것이다.

Keywords: 꿀벌, 기후변화대응, AI, 월동사, 스마트양봉, 지속가능한 농업

O-14

## Rising Temperatures Impair Honey Bee Foraging Motivation and Colony Performance

**Olga Frunze<sup>1</sup>, Yumi Yun<sup>1</sup>, Hyunjee Kim<sup>1</sup>, Soon Ok Woo<sup>2</sup>, Seung-Jae Lee<sup>3</sup>, and Hyung-Wook Kwon<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Department of Life Sciences@Convergence Research Center for Insect Vectors (CRCIV), Incheon National University, Republic of Korea; <sup>2</sup>Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration (RDA), Wanju 55365, Republic of Korea; <sup>3</sup>Research and Development, National Center for AgroMeteorology (NCAM), Seoul, Republic of Korea. \*Correspondence: hwkwon@inu.ac.kr.

Climate-driven heat waves threaten pollinator health, yet how rising temperatures impair honey bee foraging motivation remains unclear. This study investigated chronic heat stress effects on appetitive behavior and colony performance. From June–October 2022 and April–October 2023, honey bees were maintained at 25°C and 35°C in controlled environments, with natural-condition controls. We measured sucrose responsiveness as an appetitive indicator, colony development metrics, and expression of eleven molecular markers. Nine genes showed heat-sensitivity, including maturity/aging regulators (*AmMblk-1*, *Amfor*) and cognition-linked genes (*JHMT*, *AmOctaR1*). Heat-stressed foragers exhibited reduced sucrose responsiveness, indicating impaired food-collection motivation. This behavioral deficit correlated with depleted honey stores and reduced colony development. Our findings demonstrate that chronic heat stress suppresses honey bee foraging efficiency, with cascading consequences for colony viability. These results underscore that rising global temperatures pose a direct threat to pollinator populations and ecosystem services.

Funding: This research was supported by the Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. RS-2024-00339097) and a post-doctoral research program for excellence institute (2024-2026) in the Incheon National University.

O-15

## Design Considerations for Non-Invasive In-Hive Temperature and Humidity Monitoring

**Jinseong Lee, Si-u Bak, Minji Kwang and Byoung-Jo Choi**

Dept. of Embedded Systems Engineering, Incheon National University

스마트 양봉에서 온습도는 아주 기초적인 데이터 중 하나이다. 온습도 센서는 벌통 내부에 위치하여 벌통을 개방하지 않고 내부 환경을 파악할 수 이점을 갖는다. 이에 많은 스마트 양봉 관련 실험과 연구, 상용 제품에서 다양한 형태의 온습도 센서를 설계하고 사용해 왔다. 가장 기초적으로는 단일 센서가 사용된다. 이 경우 벌통 내의 봉군의 밀도가 높은 경우에는 대부분의 위치에 벌들이 위치하기 때문에 데이터를 취득하는데 문제가 발생하지 않는다. 하지만 세력이 약한 봉군이나 월동기와 같이 봉군의 세력이 감소하여 특정 위치에 봉군이 위치한 경우에는 센서가 취득하는 데이터의 신뢰성이 떨어지는 문제가 발생한다. 이에 세력이 감소하는 상황에서 벌들의 상태와 센서 데이터를 연관짓기 위해서는 여러개의 온습도 센서를 배치하여야 한다. 본 연구에서는 위 내용을 바탕으로 하나의 벌통에 총 27개의 온습도 센서를 배치하는 것에 대한 내용을 다룬다. 이 과정에서 센서 자체를 설계하고, 설계하는 과정에서 고려한 것들과 실제 필드에 배치하면서 발생한 문제들을 토대로 개선한 부분등과 같은 실제적인 내용을 다룬다. 이러한 내용을 바탕으로 기존 시스템들의 개선과 연관 기술의 발전 등을 통해 실제 농가 생산성증대 등으로 연계되기를 기대한다.

Keywords: Smart Beekeeping, In-Hive Monitoring, Temperature and Humidity, Sensor Deployment

Acknowledgements: 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : RS-2023-00232847)의 지원에 의해 이루어진 것임

## 꿀풀 꽃 특성(색상, 형태 및 화밀)에 따른 꿀벌의 방화·섭식 행동

원상재, 박지민, 김현준 and 나성준

국립산림과학원 산림특용자원연구과

꿀풀(*Prunella vulgaris*)은 다양한 꽃 색상과 풍부한 화밀 제공으로 조경 및 밀원식물로 활용 가능성이 높은 초본류이지만, 꽃 특징(색상, 크기)과 화밀 특성에 따른 화분매개자 선호도에 대한 연구는 미비한 실정이다. 본 연구는 꿀풀의 꽃 색상(흰색, 분홍색, 보라색)에 따른 꽃 형태와 화밀 특성이 꿀벌의 방화 및 섭식 행동에 미치는 영향을 정량적으로 분석하여 색상별 꿀벌 이용 특성을 비교하고자 수행하였다. 분홍색 꽃의 식물당 꽃수는 2,853개로 흰색(11,562개)과 보라색(10,630개)에 비해 적었으나, 꽃 길이와 화통 구조가 가장 크게 나타나 꿀벌의 구조적 접근성이 우수하였다. 또한 분홍색 꽃은 꽃당 화밀분비량(3.4  $\mu$ L)와 유리당(1.6 mg) 및 아미노산 함량(0.16  $\mu$ g)이 다른 색상에 비해 유의하게 높았다. 유리당 구성 비율 분석 결과, 모든 색상의 꽃에서 자당이 가장 높은 비율(63.7-77.6%)을 차지하는 공통적인 특성을 보였으나, 분홍색 꽃은 자당 비율이 77.6%로 흰색(63.7%)과 보라색(65.8%)에 비해 현저히 높은 자당 우세형 화밀 조성을 나타냈다. 꿀벌 행동 조사 결과, 분홍색 꽃은 방화 및 섭식 빈도가 높고 화관 입구를 통한 정상적인 섭식 비율이 우세한 반면, 흰색과 보라색 꽃에서는 비정상적인 화관 기부 섭식 비율이 높게 나타났다. 이러한 결과는 꿀풀의 꽃 색상에 따른 꽃 형태와 화밀 보상 특성의 차이가 꿀벌의 섭식 행동과 이용 양상에 영향을 미칠 수 있음을 시사하며, 본 연구에서는 분홍색 꽃이 상대적으로 적은 꽃수에도 불구하고 섭식이 용이한 화기 구조와 높은 먹이 보상 특성으로 인해 꿀벌에게 선호되는 경향을 보이는 것으로 해석된다.

Keywords: Nectar plants, Flower characteristics, Nectar, Amino acid, Honeybees, Flower visitation, Nectar feeding

사사: 본 연구는 국립산림과학원 산림과학연구사업(FG0403-2023-01-2026)의 지원에 의해 수행되었음



# 구두발표

---

Bee Product (양봉산물)

O-17

## 아까시꿀 내 안정동위원소비 측정을 위한 단백질 응집 최적 전처리법 확립

이문선, 손윤곤, 이샘결, 김선미, 박수원, 임푸름, 우순옥 and 최홍민\*  
국립농업과학원 양봉과

아까시꿀은 국내에서 가장 많이 소비되는 꿀 중 하나이다. 하지만 2029년 베트남산 꿀에 대한 관세가 완전히 철폐될 예정에 따라, 중국산 아까시꿀이 베트남을 경유하여 낮은 관세로 국내에 유입될 가능성에 대한 우려가 제기되고 있다. 또한 외국산 꿀 수입이 증가하면서 국산으로 둔갑한 외국산 꿀이 적발된 사례도 보고되고 있어, 국산꿀과 외국산꿀을 과학적으로 판별할 수 있는 분석법 개발이 시급하다. 이에 본 연구에서는 국산꿀과 외국산꿀을 판별법 개발을 위해 꿀 원물의 탄소 안정동위원소비 뿐만 아니라 꿀 내 단백질의 탄소 안정동위원소비를 측정하고, 두 값 간의 상관관계를 분석하고자 하였다. 이를 위해 단백질의 안정적인 탄소동위원소비 측정을 위한 안정적인 전처리법 확립하고자 했다. 단백질 응집에 사용되는 sodium tungstate( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ )와 황산( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )을 활용하였으며, 황산 농도, 반응시간, 반응 온도에 따른 단백질 응집률을 비교 분석하였다. 그 결과, 산의 농도와 반응 온도가 높을수록 단백질 응집 수득률이 증가하였으며, 반응시간에 따른 차이는 크지 않은 것으로 확인되었다. 향후 꿀 원물의 탄소 안정동위원소비와 꿀 내 단백질의 탄소 안정동위원소비 간의 상관관계를 분석함으로써, 탄소 안정동위원소 기반 꿀 원산지 판별 가능성을 제시하고자 한다.

Keywords: 아까시꿀, 탄소동위원소비, 원산지 판별법, 단백질 응집 전처리법

사사: 본 연구는 농촌진흥청 사업 수입산 아까시꿀 대응개발(PJ01745704)의 지원으로 수행되었습니다.

O-18

## Chemical Characterization of Major Metabolites in *Hovenia dulcis* Honey

손윤곤, 이문선, 임푸름, 우순옥, and 최홍민\*  
국립농업과학원 양봉과

헛개나무(*Hovenia dulcis*)는 간 보호 및 항산화 효능으로 잘 알려진 약용 식물로, 이를 밀원으로 하는 헛개나무꿀은 일반 벌꿀과 차별화된 기능성 소재로 주목받고 있으나, 이러한 기능성을 뒷받침하는 대사체 수준의 근거는 충분히 제시되지 않았다. 특히 헛개나무꿀에 존재하는 대사산물의 종류와 화학적 특성에 관한 연구는 거의 보고되지 않아 본 연구에서는 헛개나무꿀의 기능성 성분 발굴을 위해 주요 대사산물을 분리하고 구조를 규명하는 것을 목표로 하였다. 국내에서 채밀된 헛개나무꿀과 헛개나무 화밀, 헛개나무 순수꿀의 UPLC를 이용한 대사체 비교 결과 공통적으로 나타나는 3종의 주요 대사체를 확인하였다. 대사체 추출을 위해 헛개나무꿀에 물과 메탄올을 가하여 혼합한 후 에틸아세테이트를 이용한 분획을 실시하고 UPLC를 통해 분획물 내에 대사체를 확인하였다. 해당 분획물을 대상으로 MPLC를 통한 헛개나무꿀 내 당 제거 및 1차 분리를 진행하고 이후 prep-LC를 활용하여 3종의 대사체를 단일물질로 분리하였으며 분리한 화합물 중 1종에 대해 NMR 분석을 통한 구조동정 결과 abscisic acid임을 확인하였다. 본 연구는 헛개나무꿀 내 주요 대사산물을 규명하여 지표물질 후보 설정을 위한 기초 자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: 헛개나무 꿀, 대사체 분리, MPLC, prep-LC, UPLC, NMR

사사: 본 연구는 농촌진흥청 사업(과제번호: RS-2023-00228817)의 지원으로 수행 되었습니다.

O-19

## Influence of Botanical Origin on Amino Acid Profiles, Predicted Glycemic Index, and Antioxidant Activity of Korean Monofloral honeys

**Hyeonjeong Jang<sup>1</sup>, Sukjun Sun<sup>1</sup>, Sungmin Jeong<sup>2</sup>, Sangryul Nam<sup>2</sup>, and Chuleui Jung<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Department of Plant Medicals, Gyeongsuk National University, Andong, Republic of Korea

<sup>2</sup>Bee Happy Apiculture Coop, Gunwi, Republic of Korea

<sup>3</sup>Agriculture Research Institute, Gyeongsuk National University, Andong, Republic of Korea

Monofloral honeys exhibit distinct chemical characteristics influenced by botanical origin. This study compared the physicochemical and functional properties of five monofloral honeys produced in South Korea, with floral origins confirmed by melissopalynological analysis. Physicochemical parameters, amino acid profiles, predicted glycemic index (GI), and antioxidant activity were evaluated. Most physicochemical parameters differed significantly among honey types, whereas predicted GI values showed no significant differences among floral origins. In contrast, amino acid composition and antioxidant activity varied, with *Castanea* honey showing higher values than *Robinia* and *Styrax* honeys. These findings confirm botanical origin as a key determinant of the physicochemical and functional attributes of Korean monofloral honeys.

Keywords: Antioxidant capacity, Glycemic index, Amino acids, *Castanea*, *Robinia*, *Toxicodendron*, *Hovenia*, *Styrax*.

Acknowledgments: Following are results of a study on the “Glocal University Project Group in Gyeongsuk National University-Gyeongbuk Provincial College” Project, supported by the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea.

O-20

## Pollen Calendar of *Apis mellifera* Inferred From Weekly Pollen Trapping Based on Palynology and DNA Barcoding

**Sukjun Sun<sup>1,2</sup>, Hyeonjeong Jang<sup>1</sup> and Chuleui Jung<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Plant Medicals, Gyeongsuk National University

<sup>2</sup>Agricultural Research Institute, Gyeongsuk National University

The western honey bee (*A. mellifera*) is commercially managed in South Korea for the collecting honey and bee pollen for food and health. The honey has various botanical composition seasonally. While mellisopallynology studies of pollen in honey are on going, research on pollen used by honey bee remains limited, especially at the summer dearth period, early spring, and late fall. This study aimed to characterize the year-around pollen use of *A. mellifera* by identifying the pollen with palynology and DNA barcoding. The sampling was conducted once per week from June 2024 to May 2025. Using palynology, 1 family and 15 genera emerged as the major dominant taxa; in contrast, DNA barcoding revealed 8 genera as the major dominant taxa. Among these *Salix*, *Diospyros*, and *Humulus* were commonly identified as dominant taxa (>45%) using both palynology and DNA barcoding. These results show that honey bees collect pollen throughout the entire foraging period, including dearth periods, and reveal weekly preferred pollen taxa. The findings provide practical information to guide vegetation management around apiaries.

Keywords: Pollen calendar, Identification, Foraging, Metabarcoding, Preference

O-21

## Metabolomic analysis for the discrimination of domestic and imported acacia honey (*Robinia pseudoacacia*)

**Su Won Park, Hyo Young Kim, Soon Ok Woo, Hong Min Choi, Seon Mi Kim, Sam Gyul Lee and Pu Reum Im**

Department of Agricultural Biology, Honeybee Resource Material Research Laboratory, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Republic of Korea

This study aimed to investigate metabolomic differences between domestic and imported acacia honey using LC-MS/MS based on metabolomic analysis. A total of five acacia honey samples were analyzed, including one domestic sample (n=1) and four chinese samples (n=4). As a result, 28 key metabolites contributing to the differentiation between domestic and imported acacia honey were identified. These metabolites were suggested to be associated with free radical scavenging activity and the antioxidant properties of honey. Partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) confirmed statistical significance between the groups, supported by  $R^2X=0.195$ ,  $R^2Y=0.407$ , and  $Q^2=0.277$  ( $p \leq 0.05$ ). Visualization analysis using heatmaps and box plots revealed different distribution patterns and distinct metabolite abundance profiles between the groups. This study provides fundamental metabolomic information for discriminating the origin of acacia honey.

Keywords: *Robinia pseudoacacia* L., Metabolites, PLS-DA, LC-MS/MS

Acknowledgments: This research was supported by the RDA Fellowship Program, Rural Development Administration, Republic of Korea (Project No. PJ01745702)

O-22

## Evaluation of the Muscle Function-Improving Effects of Drone Pupa Using In Vitro, In Vivo, and Human Studies

**Pu Reum Im<sup>1</sup>, Hyo Young Kim<sup>1</sup>, Soon OK Woo<sup>1</sup>, Sang Mi Han<sup>1</sup>, Hong Min Choi<sup>1</sup>, Seon Mi Kim<sup>1</sup>, Sam Gyul Lee<sup>1</sup>, Gye Tae Park<sup>2</sup>, Jung Seok Choi<sup>2</sup> and Young Seok Park<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Dept. of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science, <sup>2</sup>Dept. of Animal Science, Chungbuk National University, <sup>3</sup>Dept. of Medical Neuroscience, Chungbuk National University.

This study evaluated the muscle function-improving effects of drone pupa and its potential as a functional food ingredient using in vitro, in vivo, and human studies. Fatty acid analysis of drone pupa revealed eight saturated and five unsaturated fatty acids, with oleic acid identified as the most abundant unsaturated fatty acid. In C2C12 myoblast cells, treatment with drone pupa enhanced myotube formation and increased the expression of myogenic genes, including Myh2 and Myog. In a dexamethasone-induced muscle atrophy mouse model, dietary supplementation with drone pupa improved grip strength and attenuated muscle fiber atrophy, accompanied by suppression of muscle atrophy related genes (Atrogin-1 and MuRF1) and upregulation of myogenic markers (Myog, Myod1, and MyoD). A pilot human intervention study using a pill-type formulation containing drone pupa showed trends toward increased skeletal muscle mass and reduced body fat, while hematological and biochemical analyses confirmed its safety. These results suggest that drone pupa may serve as a promising functional food ingredient for improving muscle function.

Keywords: Drone pupa, Muscle function, Sarcopenia, Oleic acid, Human study

This study was supported by the Rural Development Administration, Republic of Korea (Project No. RS-2024-00399430).

O-23

## Interannual changes in floral composition during the Robinia flowering season revealed by environmental DNA in Korea

**Seonmi Kim, Soon OK Woo, Hong Min Choi, Pureum Lim, Suwon Park, Yungon Son, Samgyul Lee, Mun Seon Lee**

Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science,

In this study, honey samples collected from five regions of Korea during the Robinia flowering seasons of 2024 and 2025 were analyzed using plant environmental DNA (eDNA) to compare interannual variation in floral composition. Within each year, honey samples showed generally similar plant DNA profiles across regions, whereas differences were observed between 2024 and 2026. *Robinia pseudoacacia* DNA was detected in most samples, but its relative abundance varied among samples and between years. These results indicate that honey eDNA analysis can be used to describe the floral composition of acacia honey and to evaluate year to year variation in floral resources.

Keywords: Acacia honey, eDNA, metabarcoding

This study was supported by the 2025 RDA fellowship Program of the National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Republic of Korea, and was conducted as part of RDA research project (PJ01745703).

O-24

## Isolation and Structural Characterization of Compounds from Bee Pollen

**Samgyul Lee<sup>1</sup>, Mun Seon Lee, Yun Gon Son, Suwon Park, Seonmi Kim,  
Hongmin Choi, Pureum Im, and Soon Ok Woo\***

Division of Apiculture, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration (RDA),  
Wanju 55365, Korea

Bee pollen is a natural resource containing a wide range of chemical constituents and is considered to have high potential for use as a food and industrial material. However, systematic studies on the separation and structural analysis of compounds from domestically produced bee pollen have not yet been sufficiently conducted. In this study, extraction and fractionation processes were established for bee pollen derived from *Actinidia arguta*, and the chemical characteristics of the obtained fractions were analyzed. Bee pollen was extracted using ethanol and subsequently fractionated according to polarity through solvent partitioning, followed by chromatographic techniques to obtain sub-fractions. Each fraction was analyzed using NMR, UPLC, and mass spectrometry (MS), and the chemical structures of major constituents were identified. This study provides fundamental data for the separation and structural analysis of compounds from domestic bee pollen and is expected to serve as a foundation for future research on bee pollen-derived materials.

Keywords: Bee pollen, Isolation, Structural Characterization

This research was supported by the Cooperative Research Program for Agricultural Sciences and Technology Development, Rural Development Administration, Republic of Korea (Project NO. RS-2024-00332514).





# 포스터

---

P-01

## Neonicotinoid Exposure Alters Biogenic Amine Signaling and Accelerates the Nurse-to-Forager Transition in Honey Bees

**Wooju Jang, Euijin You and Young Ho Kim**

Department of Ecological Science, Kyungpook National University

The honey bee, *Apis mellifera*, is a eusocial insect that exhibits division of labor (DOL), in which workers perform nursing behaviors during the early adult stage and transition to foraging as they age. This behavioral transition is associated with changes in biogenic amines, including octopamine, dopamine, and serotonin. Accordingly, the expression levels of these biogenic amines and their biosynthetic genes—*tyramine  $\beta$ -hydroxylase (TBH)*, *tyrosine hydroxylase (TRH)*, and *tryptophan hydroxylase (TPH)*—were higher in forager bees than in nurse bees. Pesticide-exposed bees also showed elevated expression of biogenic amine synthesis genes despite being at the nurse-aged stage. Notably, exposure to the neonicotinoid insecticides acetamiprid, imidacloprid, and thiamethoxam, which target nicotinic acetylcholine receptors, significantly increased the expression of *TBH*, *TRH*, and *TPH*. These results indicate that the nurse-to-forager transition is accompanied by increased expression of biogenic amines and their biosynthetic genes, and suggest that exposure to certain insecticides may induce precocious foraging behavior.

Keywords: Neonicotinoid insecticides, Division of labor, Biogenic amines, Age-polyethism, Precocious foraging

This study was supported by a fund (Project Code No. Z-1543081-2024-26-01) by Research of Animal and Plant Quarantine Agency, South Korea.

## Selection of Stable Reference Genes for qRT-PCR Analysis in *Vespa mandarinia*

**Hyunha Oh<sup>1</sup>, Euijin You<sup>2</sup>, Jaehee Kim<sup>3</sup>, Moon Bo Choi<sup>4</sup>, and Young Ho Kim<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup>Research Institute of Invertebrate Vector, Kyungpook National University

<sup>2</sup>Department of Ecological Science, Kyungpook National University

<sup>3</sup>Department of Applied Biology, Kyungpook National University

<sup>4</sup>Institute of Agricultural Science and Technology, Kyungpook National University

The Asian giant hornet, *Vespa mandarinia*, is a predatory species that has a substantial impact on both ecosystems and the apicultural industry. Despite its ecological and economic importance, its ecology, behavior, and chemical ecology remain poorly understood. To better understand the physiology and ecology of this species, molecular-level studies are required. For genetic and physiological studies, quantitative real-time PCR (qRT-PCR) is a useful and powerful tool; however, the validation of stable reference genes is required to accurately quantify gene expression in qPCR-based analyses. Here, we systematically evaluated the expression stability of six candidate reference genes (*ARF1*, *RAB1a*, *RPL32*, *RPS18*, *RPS5*, and *TBP*) using four algorithms (geNorm, NormFinder, BestKeeper, and RefFinder) across multiple tissues of *V. mandarinia*. Among the six candidate genes, *RPS18* showed the highest expression stability in the thorax and in the tissue-combined analysis, whereas *RPS5* exhibited the least variation in the head. Considering overall expression stability across tissues, we recommend *RPS18* as the most suitable reference gene for tissue-specific gene expression analyses in *V. mandarinia*.

Keywords: *Vespa mandarinia*, Reference gene, qRT-PCR, Normalization

Acknowledgement: This study was supported by a research fund (RS-2025-02303308) from the Rural Development Administration.

## Sexual selection on body mass and temperature in bumblebees (*Bombus terrestris*)

**Min Su Park<sup>a,1</sup>, Ji Hyun Woo<sup>a,1</sup>, Weiyue Qiu<sup>a,1</sup>, Hyung Joo Yoona, Bo Yeon Kima, Kyeong Yong Leeb,  
Kwang Sik Lee<sup>a</sup>, Byung Rae Jin<sup>a\*</sup>**

<sup>a</sup>College of Natural Resources and Life Science, Dong-A University, Busan 49315, Republic of Korea

<sup>b</sup>Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, Wanju 55365, Republic of Korea

Bumblebees are key pollinators in agricultural and natural ecosystems; however, climate change is driving shifts in population size, body size, and diversity. Consequently, understanding how accelerating global warming and the associated increase in variation in bumblebee body size influence sexual selection is crucial for predicting population fitness under future climatic conditions. Thus, this study aimed to investigate the effects of body mass and temperature on sexual selection in *Bombus terrestris* reared under warm conditions, with mating conducted between equal sex ratios at both optimal (23 °C) and elevated (32 °C) temperatures. Mating rates were lower at 32 °C than at 23 °C, regardless of body mass; however, larger queens and males consistently exhibited higher mating success at both temperatures than their smaller counterparts. Mate-choice patterns were similar across temperatures: the strongest selection pattern was large queens predominantly selecting large males, whereas small queens mainly mated with small males. However, small queens tended to mate more frequently with large males at 32 °C than at 23 °C. Meanwhile, matings between small queens and small males occurred later at both temperatures. Although small males exhibited longer mating durations than large males, the amount of sperm transferred to the spermathecae of the queens was, as an outcome of selection, positively associated with the larger body size of both males and queens. Therefore, our findings indicate that, at equal sex ratios, sexual selection in bumblebees is predominantly driven by body mass-based mate choice across temperatures, with higher temperatures and smaller body size associated with reduced mating success.

Keywords: Bumblebee; Body weight; Mating; Sexual selection; Temperature; Climate warming

Acknowledgments : This work was supported by the “Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (project No. RS-2023-00232335),” administered by the Rural Development Administration, Republic of Korea

P-04

## High-Resolution Phenology-Quality Integration: A Weather-Index Model for Climate-Adaptive Honey Production Forecasting in Korea

**Sunghyun Min<sup>1,2</sup>, SoonOk Woo<sup>1</sup>, Pureum Im<sup>1</sup>, Hongmin Choi<sup>1</sup>, Samgyul Lee<sup>1</sup>, GyeongYong Lee<sup>1</sup>,  
and HyoYoung Kim<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Apiculture Division, Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Republic Korea

<sup>2</sup>Jeonbuk national university, department of horticulture, Jeonbuk State, 54896 Republic of Korea

<sup>3</sup>Technology Services Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Republic Korea

Accelerating phenological shifts threaten pollinator-dependent agriculture worldwide, with Korea's primary honey source black locust (*Robinia pseudoacacia*) experiencing compressed flowering windows (30 to 16 days over a decade) and unprecedented production instability ranging from near total failure to fivefold normal yields within consecutive years. Current forecasting approaches fail to integrate flowering timing with yield prediction, achieving only  $\pm 5-7$  day accuracy while neglecting the multifactorial meteorological controls on nectar production and foraging activity. We addressed these limitations through a mechanistic weather-index system coupling phenological and production models across 1,050 colony-years spanning Korea's latitudinal climate gradient. Our approach combined region-calibrated thermal time accumulation (Single Triangle Degree-Day method with 185-220°C·day thresholds), a five-component meteorological suitability index with empirically weighted factors, and stage-differentiated assessments recognizing distinct sensitivities during bud formation, pre-flowering, and active bloom periods. Validation against seven years of georeferenced apiary data (2019-2025) including extreme events demonstrated substantial performance gains: flowering predictions achieved 3.9-day mean error ( $R^2=0.74$ ), surpassing conventional models by 30%, while production forecasts explained 76% of observed variability ( $R^2=0.76$ , RMSE=4.2 kg/colony) with flowering-period weather conditions accounting for 93% of predictive power. The framework maintained robust accuracy under climatic extremes and revealed pronounced regional differentiation, with southern zones showing 36% higher productivity than northern counterparts. These results establish operational capacity for advance forecasting supporting migratory timing optimization, harvest planning, and risk management, while providing broadly applicable methodology for climate-vulnerable agricultural systems dependent on precise plant-pollinator synchronization.

Keywords: Climate adaptation; Phenological forecasting; Degree-day modeling; Meteorological indices; Honey production; Pollinator services; Agricultural decision support; *Robinia pseudoacacia*

P-05

## 전남지역에서 동양종 꿀벌 RX계통의 지역적응 및 봉군특성

김성연, 이유범, 오상아, 임윤지, 이주영, 김선암  
전남농업기술원 곤충잡업연구소

국립농업과학원에서 육성된 동양종 꿀벌 RX계통을 분양받아 2025년 1년간 전남 장성군 장성읍에 위치한 전남농업기술원 곤충잡업연구소 양봉장에서 봉군발육, 수밀량, 저밀량, 월동력, 질병저항성, 온순성, 병해충을 한라벌(RR)계통과 비교하여 조사하였다. 봉군발육은 RX계통 일벌수는 4월 4,792마리에서 9월 8,223마리로 일벌수가 41.7% 증가하였고, RR(한라벌) 일벌수는 4월 6,728마리에서 9월 6,747마리로 비슷한 수준이었다. 특히 9월에는 RX계통이 RR계통 대비 17.9% 일벌 수가 많았다. 10월 기준 일벌 개체당 수밀량은 RX계통이 RR계통에 비해 24.6%, 저밀량은 21.7% 더 높게 나타났다. 월동력은 RX계통에서 87.2%로, RR계통 대비 9.5% 이상 높은 월동력을 보였다. 질병저항성은 5월, 9월 두 차례 조사한 결과 두 계통 모두 24시간 경과 후 번데기방 완전제거율이 90%이상이었다. 온순성은 8월 기준 RR계통 벌침 수 12.7개, RX계통 벌침 수 7.3개로 더 낮았다.

병해충 발생으로는 RR계통에서는 날개불구병, 검은여왕벌바이러스병, 석고병, 토종벌 및 서양종 노제마증이 되었으며, RX계통에서는 토종벌 노제마증, 날개불구병이 검출되었다. RX계통이 봉군발육, 월동력, 수밀량 및 저밀량 등 봉군특성 조사에서 RR계통보다 우수하였으나 통계학적으로 유의차이는 없었다.

Keywords: 동양종꿀벌, 신품종, 지역적응시험, 전라남도

사사: 본 연구는 농촌진흥청 신품종개발공동연구(과제번호: RS-2025-02273005)의 지원으로 수행되었습니다.

P-06

## Distinct Enzymatic Responses to Irreversible and Reversible Acetylcholinesterase Inhibitors in Honey Bees

**KyungHwan Moon<sup>1</sup>, Euijin You<sup>2</sup> and Young Ho Kim<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Vector Entomology, Kyungpook National University

<sup>2</sup>Department of Ecological Science, Kyungpook National University

Honey bees are frequently exposed to low concentrations of acetylcholinesterase (AChE)-inhibiting insecticides, yet the enzymatic consequences of such sublethal exposure remain poorly understood. Here, forager bees were exposed to two AChE inhibitors with distinct modes of action: the irreversible organophosphate fenitrothion and the reversible carbamate carbaryl. AChE activity in head tissues was measured over defined time intervals. Fenitrothion exposure induced a transient increase in AChE catalytic efficiency, with the  $V_{max}/K_m$  ratio peaking at 1 h post-exposure and accompanied by a decrease in  $K_m$ , followed by partial stabilization by 24 h, consistent with compensatory responses to irreversible inhibition. In contrast, carbaryl exposure produced a reversible inhibition profile characterized by an immediate reduction in  $V_{max}$  and gradual recovery over time, with minimal changes in  $K_m$ . These findings demonstrate that sublethal exposure to AChE inhibitors elicits inhibitor-specific and time-dependent enzymatic responses in honey bees, reflecting fundamental physiological differences between irreversible and reversible AChE inhibition.

Keywords: *Apis mellifera* L., Acetylcholinesterase, Enzyme kinetics, Irreversible insecticide, Reversible insecticide

Acknowledgments: RS-2025-02303308

## Immune Activation in Honeybees via Ingestion of Heat-killed *Bacillus subtilis*

**Yun Hui Kim, Jin Myung Kim, Daegeun Oh, Chang-hoon Lee, Dongwon Kim and Yong-Soo Choi**

Division of Apiculture, Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science, RDA

꿀벌의 병원체 감염은 봉군 붕괴와 양봉 생산성 저하를 초래하는 중요한 문제이다. 그러나 기존의 관리 및 방제 중심 전략만으로는 봉군 수준의 면역 항상성을 장기적으로 유지하는 데 제한적이다. 이러한 병원체 감염 스트레스에 대응하는 면역 기전으로, 개체 수준을 넘어 다음 세대로 면역 보호 효과가 전달되는 세대 간 면역 프라이밍(transgenerational immune priming, TGIP)이 중요하게 제시되고 있다. 본 연구에서는 발효된 된장 유래 열사멸 *Bacillus subtilis*의 섭식이 꿀벌의 TGIP 관련 면역 반응에 미치는 영향을 분석하였다. *Apis mellifera*와 *Apis cerana*의 우화 후 6일령 일벌을 대상으로 40% 당액에 열사멸 *B. subtilis* ( $10^3$ - $10^8$  cells)를 첨가하여 급여한 후, 지방체와 하인두샘에서 TGIP 표지 유전자인 *vitellogenin(Vg)*과 *defensin-1(def-1)*의 발현을 분석하였다. RT-qPCR 분석 결과, 두 조직 모두에서 *Vg*과 *def-1*의 발현이 대조군 대비 유의적으로 증가하였다. 특히 *A. mellifera*에서는 면역형광염색을 통해 내역봉의 하인두샘 내 *Vg*의 증가가 확인되었으며, *in vitro* 분석에서 *Vg*과 *B. subtilis*간의 직접적인 결합이 관찰되었다. 이러한 결과는 생균이 아닌 열사멸균의 섭식만으로도 꿀벌에서 TGIP 관련 면역 반응이 활성화될 수 있음을 보여주며, 발효된 된장 유래 미생물 성분이 꿀벌의 사회적 면역 및 군집 건강 유지에 기여할 수 있음을 시사한다.

Keywords: *Apis mellifera*, *Apis cerana*, Honeybee, *Bacillus subtilis*, Immune priming, *Vitellogenin*, *Defensin*

## Toxicological Monitoring of Suspected Poisoning Cases in Honeybees in Korea: A 2021–2025 Report

**Se-Ji Lee, Mi-Sun Yoo, So Youn Youn, Jang-hyeon Kim, Su-Kyong Seo, Se-Hyung Kim, Mi-Young Park,**

Seon-Young Lee, Yun Sang Cho and Hyang-sim Lee\*

Parasitic and Honeybee Disease Laboratory, Animal and Plant Quarantine Agency, Korea

Along with climate change, the recent phenomenon of rapid honeybee disappearance and mass mortality poses a severe threat to beekeeping farms and the ecosystem. In particular, the indiscriminate use of pesticides has been identified as a key driver of honeybee loss. Therefore, systematic monitoring of insecticide components used and introduced domestically is essential. This study was conducted to analyze the trends and risks of major toxic substances in suspected honeybee poisoning cases in Korea over a five-year period from 2021 to 2025.

The study analyzed 485 honeybee samples submitted nationwide from 2021 to 2025. The screening focused on 43 types of toxic agents, including organophosphates, neonicotinoids, synthetic pyrethroids, carbamates, avermectins, and phenylpyrazoles. Samples were pretreated using the QuEChERS method and quantitatively analyzed using LC-MS/MS and GC-MS/MS systems.

The analysis revealed that 49.8% (228 cases) of the samples contained toxic substances, with a total of 24 distinct components identified. While 74.6% of the positive samples contained a single component, 25.4% showed multiple detected components (two or more), indicating a significant risk of complex toxic exposure. By chemical class, neonicotinoid insecticides showed a distinct upward trend, with detection rates rising sharply from 24.8% in 2022 to 42.9% in 2025. Notably, clothianidin was the most frequently detected substance, recorded in 98 cases (21.4%), and its annual detection count increased consistently over the study period. Organophosphates (e.g., fenitrothion) and carbamates (e.g., carbaryl) accounted for a high proportion during the early stages of the analysis (2021). While carbamates have steadily declined since 2021 (17.9%), organophosphates showed volatility, decreasing significantly in 2023 before rising again. These classes of insecticides were confirmed to induce lethal neurotoxicity by inhibiting acetylcholinesterase (AChE) activity in honeybees. Synthetic pyrethroids have maintained a detection rate in the 7% range since 2023, while avermectins were detected only temporarily in specific years.

Monitoring results from the past five years indicate that neonicotinoids, specifically clothianidin, are the primary toxicological threats to honeybees in Korea. To prevent honeybee mortality, stricter regulations on high-risk components and intensified education for farmers regarding pesticide application—especially during blooming seasons—are required. Furthermore, research on the synergistic toxicity of multiple pesticide exposures and the establishment of an early warning system for poisoning cases are urgently needed.

P-09

## 충남지역 주요 밀원식물에 대한 꿀벌의 방화활동 조사

조효려, 박상규, 박동완, 김유진  
충청남도농업기술원 산업곤충연구소

본 연구는 국내 밀원수 식재 면적 감소 및 이상기온으로 인한 채밀기간 축소 등 벌꿀 생산량 감소에 대응하기 위해 충남 지역에 특화된 밀원식물을 선별 및 활용하고자 수행되었다. 조사 수행지역은 충남 공주 산업곤충연구소 내에 밀원식물 포장을 조성 후 실시하였으며, 시간대별 꿀벌(*Apis mellifera*)의 방화활동 개체수를 조사하였다. 조사에 활용된 밀원식물은 목본식물인 아까시나무, 벚나무, 쯤목형과 초본식물인 유채, 헤어리베치, 아니스히솅을 대상으로 수행하였다. 방화활동 조사는 밀원식물의 개화시기에 맞추어 1㎡의 구획을 선정하고, 매일 4회(9시, 11시, 13시, 15시) 10분 동안 꿀벌의 방문 횟수를 조사하였다. 밀원식물에 대한 가장 높았던 방화활동을 나타냈던 일자는 아까시나무 5월 14일, 벚나무 4월 11일, 쯤목형 7월 1일, 유채 4월 21일, 헤어리베치 4월 25일, 아니스히솅 10월 17일이었으며, 시간대별 방화활동 개체수 조사 결과, 기상상황에 따른 변화로 인해 유의미한 결과를 나타내지 않았다.

Keywords: *Apis mellifera*, pollination activity, bee forage plant, woody plant, herbaceous plant

P-10

## Effects of Nano-Calcium Supplementation on Antioxidant Capacity and Physiological Performance in Honey Bees (*Apis mellifera*)

Gyu Tae Park<sup>1</sup>, Pu Reum Im<sup>2</sup>, Chul Woo Rhee<sup>3</sup> and Jung Seok Choi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dept. Animal Science, Chungbuk National University, <sup>2</sup>Dept. Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science.

<sup>3</sup>Dept. Earth and Environmental Sciences, Chungbuk National University

Honey bees (*Apis mellifera*) are essential for agricultural productivity, yet increasing colony losses caused by environmental and nutritional stress highlight the need for effective dietary strategies. Calcium is important for muscle function and antioxidant defense, and nano-calcium may enhance bioavailability. This study evaluated the effects of nano-calcium supplementation on physiological performance and antioxidant responses in honey bees. Worker bees were fed pollen patties containing nano-calcium at 0.01% (T1) or 0.02% (T2) for six weeks. Nano-calcium supplementation did not affect feed intake but significantly increased thorax weight ( $p < 0.05$ ) and total antioxidant capacity in a dose-dependent manner. The expression of *Sod1*, *Sod2*, and *Trxr-1* was upregulated depending on supplementation level and duration, while *Catalase* expression was unchanged. Overall, 0.02% nano-calcium showed the most consistent beneficial effects.

Keywords: *Apis mellifera*, Antioxidant activity, Nano-calcium

Acknowledgments: This study was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. RS-2024-00399430)”, Rural Development Administration, Korea.

P-11

## An *In Vitro* Rearing System for Studying *Varroa destructor* in Honey Bee Brood Cells

**HeeJin Kim<sup>1</sup>, Hyemin Kim<sup>2</sup>, and Young Ho Kim<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Vector Entomology, Kyungpook National University

<sup>2</sup>Department of Ecological Science, Kyungpook National University

*Varroa destructor* is one of the major factors contributing to honey bee colony collapse. During the reproductive phase, foundress mites produce two to five offspring that parasitize developing honey bees, thereby inflicting continuous damage on the host. Understanding the reproductive physiology of *Varroa* mites is essential for developing effective control strategies; however, investigating their reproductive capacity under laboratory conditions remains challenging. In this study, we artificially infested freshly capped brood cells with female *Varroa* mites and evaluated key reproductive parameters, including introduction success rate, oviposition rate, and offspring production, under both *in vitro* and in-hive rearing conditions. The *in vitro* rearing method yielded reproductive parameters comparable to those observed under in-hive conditions, indicating that *in vitro* rearing is a suitable approach for investigating *Varroa* mite oviposition. These findings provide a useful experimental framework for examining reproductive traits, such as the timing of egg laying and offspring production, under controlled laboratory conditions.

Keywords: *Varroa destructor*, *In vitro* rearing, Reproductive parameter, Brood cell infestation

Acknowledgments: This study was supported by a research fund (RS-2025-02303308) from the Rural Development Administration, Republic Korea.

P-12

## Metatranscriptome-based virome analysis and discovery of novel viruses in *Tropilaelaps mercedesae*

**So-Yoon Jang, Minhyeok Kwon, and Eui-Joon Kil**

<sup>1</sup>Agriculture Research Institute, Gyeongsuk National University, Andong, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Plant Medicals, Gyeongsuk National University, Andong, Republic of Korea

*Tropilaelaps mercedesae* is a major pest of honey bees, yet the composition and genetic diversity of its virome remain poorly characterized. Total RNA sequencing (RNA-seq) was performed on *T. mercedesae* collected in South Korea, followed by quality filtering, host-sequence removal, *de novo* assembly, and integrated virus identification based on database homology searches (tBLASTx/BLASTn), ORF prediction, conserved-domain analysis, and read-mapping evidence. Five previously reported honey bee viruses were detected, and six additional viruses showing low similarity to reported sequences were identified as putative novel viruses. These results provide baseline information on the *T. mercedesae* virome and support further studies on mite-associated viral diversity and pathogenicity assessment.

Keywords: *Tropilaelaps mercedesae*, virome, RNA-seq, RNA viruses, novel viruses.

## 기후변화에 따른 국내 등검은말벌(*Vespa velutina*)의 침입 동태: 예측 모형 구축과 미래 위험도 평가

김수배, 이경용, 민성현

국립농촌진흥청 농업과학원 양봉과

등검은말벌(*Vespa velutina nigrithorax*)은 동아시아와 유럽 전역에서 양봉 생태계를 위협하는 대표적 침입 포식자이다. 기상 요인이 말벌의 계절별 활동성을 어떻게 결정하는지 규명하고, 기후변화가 향후 침입 위험을 어떻게 증폭시키는지를 평가하고자 하였다. 2018-2024년 동안 국내에서 현장 관찰 및 트랩 모니터링을 수행하여, 기온·강수량·일사량과 말벌 개체수 간 상관관계를 분석하고 계절별 회귀모형을 구축하였다.

말벌 활동성은 일사량과 가장 높은 양의 상관관계를 보였으며( $r = 0.745$ ), 강수량( $r = -0.714$ ), 기온( $r = 0.669$ ) 순으로 영향을 받았다. 기온·강수량·일사량 지수를 통합한 계절별 회귀모형의 설명력은 봄  $R^2 = 0.711$ , 여름  $R^2 = 0.823$ , 가을  $R^2 = 0.908$ 로 매우 높았으며, 2023-2024년 독립 자료 검증에서도 78-85%의 예측 정확도를 보였다. 검증된 모형을 IPCC SSP5-8.5 시나리오에 적용한 결과, 2100년까지 봄과 가을의 말벌 활동성은 각각 31%, 29% 증가하는 반면, 여름에는 극한 고온 스트레스로 인해 24% 감소하는 계절 재편성이 예측되었다. 공간 분포 분석에서는 고위험 지역이 전국의 65%까지 확대되며, 북방 한계가 10년당 50-70 km 속도로 이동할 것으로 나타났다. 기후변화에 따른 말벌 증가에 대한 피해 민감도는 *Apis mellifera* 봉군이 *Apis cerana* 대비 5.4배 높아, 공진화 역사 차이가 방어 능력에 결정적 영향을 미침을 시사하였다. 본 연구는 현재 봄·여름 중심의 방제 전략이 향후 가을철 개체수 폭증을 효과적으로 억제하지 못함을 명확히 보여주며, 기상 예측 기반의 선제적·계절 맞춤형 통합관리(IPM) 체계로의 전환이 시급함을 제시한다.

Keywords: 등검은말벌, 기후변화, 예측 모형

## Body size-dependent associations between gut microbiota and lipid metabolic pathways in bumblebee workers

**Weiyue Qiu, Min Su Park, Hyung Joo Yoon, Bo Yeon Kim, Kwang Sik Lee, Byung Rae Jin**

College of Natural Resources and Life Science, Dong-A University, Busan 49315, Republic of Korea

Global warming threatens bumblebees, which are key pollinators in agricultural and natural ecosystems. Elevated developmental temperatures can alter worker body size, and smaller workers typically exhibit reduced energy reserves that may negatively affect their foraging performance. However, the relationship between gut microbiota and host metabolism across body size under elevated developmental temperatures remains poorly understood. In this study, we compared gut microbiota composition and fat body transcriptomes between newly emerged large workers (LS; weight > 0.30 g) and small workers (SS; weight < 0.19 g) reared at 32 °C. The SS group showed a marked increase in members of the phylum Actinobacteria. At the genus level, the relative abundances of *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* were higher in SS than in LS. In contrast, transcriptome analysis revealed significant upregulation of ten genes in LS, with Gene Ontology enrichment indicating fatty acid metabolism-related functions, including diacylglycerol O-acyltransferase and triglyceride lipase activities. These findings suggest a body size-dependent divergence in metabolic strategy, with small workers potentially relying more on microbiota-mediated nutrient processing. Together, our results highlight a body size-dependent host-microbe metabolic association in bumblebee workers under elevated developmental temperatures.

Keywords: body size, gut microbiota, lipid metabolism, temperature, bumblebee

Acknowledgments: This work was supported by the “Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (project No. RS-2023-00232335),” administered by the Rural Development Administration, Republic of Korea

## Efficacy of a commercial disinfectant on Sacbrood virus(SBV)

**Yong Joo Kim<sup>1</sup>, Tae Hwan Kim<sup>1</sup>, Doo San Park<sup>2</sup>, Lan Zhao<sup>2</sup> and Sang-Hee Jeong<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Pharmaru Animal Health, Anyang, Korea <sup>2</sup>Hoseo Biomedical Science Research Center, Hoseo University

Sacbrood disease (SB) is a highly contagious viral infection of honeybee larvae that causes death prior to pupation. Since its first detection in Korean apiaries in 2008, SB has spread nationwide, leading to severe colony losses, exceeding 75% of approximately 420,000 honeybee colonies by 2011. To support preventive management, the use of disinfectants effective against SBV is considered a key strategy for blocking viral introduction and transmission. In this study, we established a quantitative standard curve using SBV isolated from *Apis cerana* larvae and RT-qPCR, and developed a larva-specific assay to accurately evaluate disinfectant efficacy. Using this system, we assessed a commercial disinfectant, BACTAN-S for honeybee (Pharmaru, Korea). The product demonstrated strong virucidal activity, with confirmed efficacy up to a 1:1,500 dilution under standard conditions and up to a 1:300 dilution in the presence of organic matter. Based on these findings, we recommend a working dilution of 1:1,200 for disinfection targets with minimal organic matter, such as beekeeping equipment, facilities, and general vehicles, and a dilution of 1:240 for environments with high organic loads, including floors of beekeeping facilities, waste, and honeybee carcasses. These provide evidence-based parameters for effective SBV control and contribute to strengthening biosecurity practices in apiculture.

Keywords: disinfectant, Sacbrood virus, Sacbrood disease, virucidal activity, biosecurity

## Transcriptomic analysis to Viral Infection in the ovary of *Bombus terrestris* Queens

**Kyu-Won Kwak, Dong-Hee Lee, Heeji Kim, Minwoong Son, Su-Jin Lee,  
Bo-Sun Park, Su-Bae Kim, Sung-Kuk Kim, Kyeong Yong Lee**  
Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju

Viral infections are an emerging but often covert threat to the performance of commercial bumblebee queens (*Bombus terrestris*), potentially disrupting ovarian function and colony establishment. To characterize ovary-specific molecular responses to viral infection, we compared ovarian RNA-seq profiles from a virus-infected queen sampled at day 7 post-emergence with non-infected queens at adjacent developmental stages. RNA-seq reads were quantified as normalized gene counts and differentially expressed genes (DEGs) were identified using standard thresholds ( $|\log_2 \text{fold change}| \geq 1$ , adjusted  $p < 0.05$ ). The infected day-7 ovary exhibited a pronounced and transient immune activation relative to both day-5 and day-9 ovaries. Antimicrobial peptide (AMP) genes—including defensin, abaecin, and hymenoptaecin—were among the most strongly upregulated DEGs, showing several hundred- to thousand-fold higher expression than in non-infected samples, where AMP transcripts remained near basal levels. In addition, multiple genes associated with canonical innate immune pathways (e.g., Toll- and Imd-related components) were elevated in the infected ovary. Importantly, this immune signature was not maintained at day 9, suggesting an acute response rather than a developmental trend. Overall, these results indicate that viral infection triggers a robust ovary-specific innate immune transcriptional program in queen bumblebees, dominated by AMP induction. This infection-driven signature can confound developmental or reproductive transcriptomic analyses if infection status is not accounted for. Our findings also suggest that ovary AMP expression profiles may serve as sensitive molecular biomarkers for early viral detection and health monitoring in commercial bumblebee rearing systems.

Key word: *Bombus terrestris* ovary, RNA-seq, differentially expressed genes (DEGs), viral infection

Acknowledgement: This research was supported by the Rural Development Administration grant (PJ01587803).

## Inactivated deformed wing virus (DWV) infection induced various honeybee immune molecule expression level

**Kim Sung-Kuk, Lee Kyeong Yong, Park Bo Sun, Lee Su Jin, Kim Su Bae**

Division of Apiculture, National Institute Agriculture Science

Honey bees suffer from various diseases, many of which are caused by viral infections. Deformed Wing Virus (DWV), transmitted by the parasitic mite *Varroa destructor*, induces wing deformities in infected bees. Climate change-driven increases in *Varroa* infestations have accelerated the occurrence of deformed-wing bees, ultimately leading to reduced honey production and colony collapse. In this study, deformed-wing honey bees were collected from infected colonies, and the virus was isolated and inactivated by heat treatment. The inactivated virus was mixed with sugar syrup and administered to honey bee colonies. At defined time intervals, honey bees were sampled for RNA extraction and cDNA synthesis, and the expression of immune-related genes was analyzed using reverse transcriptase-PCR (RT-PCR). The results showed significantly increased expression of antimicrobial peptide genes, including defensin-1, hymenoptaecin, and abaecin, in honey bees treated with the inactivated virus. These findings suggest that virus-induced immune stimulation may help maintain honey bee health. Based on these results, we will focus on optimizing the dosage and timing of inactivated virus administration and evaluating its effects on honey bee morphology and physiology, with the aim of developing a novel disease management strategy against DWV infection.

Keywords: *Apis mellifera* L., Deformed Wing Virus, Honeybee disease

Acknowledgement: This research was supported by the Rural Development Administration Grant (Project No. RS-2023-00232847)

## 국내에서 발생하는 꿀벌(*Apis mellifera*)의 주요 바이러스에 대한 진단법 연구

박상규, 조효려, 박동완, 김유진  
충청남도농업기술원 산업곤충연구소

본 연구는 multiplex RT-PCR 다중 진단법과 SYBR Green을 이용한 HRM 분석으로 국내에서 발생하는 꿀벌(*Apis mellifera*)의 주요 바이러스에 대한 진단법을 개발하기 위해 진행되었다. 진단에 이용된 시료는 바이러스에 감염된 꿀벌 사체와 벌통내 유기물을 이용하였으며, 낭충봉아부패병(Sacbrood Virus), 급성꿀벌마비증(Acute Bee Paralysis Virus), 날개불구병(Deformed Wing Virus), 검은여왕벌방바이러스(Black Queen Cell Virus), 카슈미르벌바이러스(Kashmir Bee Virus), 만성꿀벌마비증(Chronic Bee Paralysis Virus), 이스라엘급성꿀벌마비증(Israel Acute Paralysis Virus), 날개흔탁바이러스(Cloudy wing virus)를 대상으로 진행하였다. 바이러스에 대한 염기서열 검색은 NCBI(National Center for Biotechnology Information, 미국생물공학정보센터)를 이용하였고, 이를 바탕으로 하여 바이러스 진단이 가능한 프라이머를 설계하였다. 프라이머 설계 기준은 길이 20mer 내외, Tm(Melting Temperature)은 60°C±3의 범위, GC 비율은 50~60%로 하였다.

설계된 프라이머 후보군을 대상으로 RT-PCR을 이용한 검출 여부 확인으로 각각의 바이러스에 대한 후보군을 선발하였으며, 선발된 프라이머를 조합하여 multiplex RT-PCR을 수행한 결과 일부 세트 후보군에서 다중진단이 가능함을 확인하였다. 또한 SYBR green 형광염료를 이용한 Real-time RT-PCR과 HRM(High Resolution Melting) curve 분석도 꿀벌 바이러스에 대한 진단으로 이용 가능함을 확인하였다.

Keywords: *Apis mellifera*, RT-PCR, Multiplex RT-PCR, SYBR Green, HRM(High Resolution Melting), Melt curve

P-19

## Monitoring of honey bee pathogens and insecticide toxicity in the invasive small hive beetle (*Aethina tumida*) in South Korea

**Hee Jin Jung<sup>1</sup> and Keon Mook Seong<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Smart Agriculture Systems, Chungnam National University, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Applied Biology, Chungnam National University, Republic of Korea

*Aethina tumida*, the small hive beetle (SHB), is an invasive pest that infests honey bee colonies, transmits various pathogens, and causes serious damage to apicultural activities. In 2016, SHB was first detected in Miryang, Gyeongsangnam-do, South Korea. Nevertheless, public awareness and scientific research on SHB remain limited in Korea. This study aimed to investigate the presence of 14 honey bee pathogens in SHB specimens collected from Miryang and Jinju during 2024 and 2025. PCR analysis confirmed the presence of *Paenibacillus larvae* in Jinju, whereas none of the 12 screened pathogens were detected in Miryang. However, qPCR analysis revealed the presence of *Paenibacillus larvae* and *Ascosphaera apis* in both regions, and additionally, Black queen cell virus was detected in Jinju. Pathogen screening revealed that SHB primarily carried honey bee pathogens. The study also evaluated the toxicity of three chemicals commonly used to control *Varroa destructor* (Amitraz, Coumaphos, and Fluvalinate) against both adult and larval stages of SHB. Toxicity assays demonstrated that adult SHBs were more sensitive to the insecticides than larvae. This study presents baseline information on the prevalence of honey bee pathogens and the insecticide sensitivity of SHB in South Korea, offering insights for improved pest control and honey bee health protection.

Keywords: Honey bee; Small hive beetle; Invasive pest; Honey bee virus; Insecticides

P-20

## Prevalence of Fluvalinate and Amitraz Resistance-Associated Mutations in *Varroa destructor* in Korea (2024–2025)

**Jang-Hyeon Kim, Pham Thi Vinh Hoa, Se-ji Lee, Mi-Sun Yoo, So Youn Youn,  
Yun Sang Cho and Hyang-Sim Lee\***

Parasitic and Honeybee Disease Laboratory, Bacterial Disease Division, Animal and Plant Quarantine Agency, Korea

This study investigated the prevalence of resistance-associated genetic mutations to fluvalinate and amitraz in *Varroa destructor* collected from honey bee colonies in Korea during 2024–2025 using PCR and sequence analysis. Fluvalinate resistance was evaluated based on amino acid substitutions at position 925 of the voltage-gated sodium channel gene, where leucine was replaced by methionine or isoleucine, corresponding to resistance-associated mutations previously reported in the United States. Amitraz resistance was assessed by analyzing a substitution from threonine to asparagine at amino acid position 115. Sequence analysis revealed that fluvalinate resistance was detected in 100% of samples in both 2024 and 2025. Amitraz resistance was also observed in all samples collected in 2024 (100%), while a slightly lower resistance rate (96.8%) was identified in 2025. These results indicate a widespread distribution of resistance-associated mutations to major acaricides in domestic *V. destructor* populations, highlighting the limitations of current chemical control strategies and emphasizing the need for continuous resistance monitoring and the development of alternative control measures.

Keywords: *Varroa destructor*, Fluvalinate, Amitraz, Acaricide resistance, Sequence analysis

## Honey Bee Breeding Research in Digital Agriculture Systems

**Dongwon Kim\***, Daegeun Oh, Jin Myung Kim, Chang-hoon Lee, Peter Nijukang Akongte, Yunhui Kim and Yong-Soo Choi

Apicultureal division, Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju

This study explores strategic transitions toward digital agriculture frameworks and next-generation honey bee breeding to ensure the long-term sustainability of the South Korean beekeeping industry, which currently faces multifaceted crises, including climate change and emerging pathogens. Despite providing essential ecosystem services—particularly pollination, which is critical for biodiversity and agricultural productivity—the domestic beekeeping industry exhibits structural vulnerabilities, such as an excessive economic reliance on honey production and massive overwintering colony losses driven by abnormal weather patterns. To address these challenges, this research first analyzes the ecological limitations of conventional industrial agriculture and redefines the value of honey bees within sustainable paradigms, such as organic and regenerative agriculture. Furthermore, it systematizes the evolution of precision agriculture and smart beekeeping technologies, proposing a transition to “Digital Breeding,” which integrates genomic information with digital phenomics big data. Key strategic proposals include the development of AI-based trait prediction and selection models, precision breeding research aimed at enhancing disease resistance and climate adaptability, and the establishment of robust data governance for efficient resource management. In conclusion, the paradigm shift toward a digital breeding system is not merely a technological upgrade but a national imperative to secure resilient genetic resources and reposition the beekeeping industry as a high-value-added, data-driven sector in the era of the climate crisis.

Keywords: Honeybee, Digital breeding, Smart beekeeping, Digital agriculture, Ecosystem services, Breeding strategy

## Honeybee-Induced Noise in Temperature and Humidity Measurements

**Jinseong Lee<sup>1</sup> and Sungtek Kahng<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dept. of Embedded Systems Engineering, Incheon National University

<sup>2</sup>Dept. of Information and Telecommunication Engineering, Incheon National University

스마트 양봉에서 기본적으로 사용되는 온습도 센서는 상황에 따라 여러 가지 구조로 설계되어 사용된다. 단순한 구조의 경우 단일 센서를 사용하는 경우도 있다. 하지만 월동과 같이 세력이 급감하여 벌통 내부에 특정 위치에 세력이 존재하게 되는 특수한 상황이 존재한다. 이러한 경우에는 복수개의 센서를 균일한 간격으로 배치하여 여러개의 센서 데이터를 동시에 취득하여야 유의미한 센서 데이터를 취득할 수 있다. 이러한 맥락에서 연구를 진행함에 있어 월동 기간을 포커싱한 모니터링 시스템을 설계하였으며, SHT20 센서 27개를 배치하였다. 비월동기간의 섭씨 35도의 내부 온도 유지와 산란을 위한 50% 이상의 습도를 유지하는 것을 확인할 수 있었으며, 월동 시작 기간부터 해당 수치들이 감소하는 등의 선행 연구들을 통해 알려진 수치를 확인할 수 있었다. 또한 복수의 센서를 사용하여 세력의 위치 또한 특정할 수 있음을 확인하였다. 이 과정에서 특이한 점을 확인할 수 있었는데, 벌의 유무에 따라 습도 데이터에 노이즈가 발생함을 확인하였다. 이러한 특성은 벌과 센서의 특성의 충돌에 따른 것으로 해석하고 있으며, 이를 바탕으로 센서 데이터의 노이즈를 새로운 형태의 데이터 지표로 활용하고자 한다.

Keywords: Honeybee Activity, Temperature and Humidity Measurements, In-Hive Monitoring, Sensor Noise, Smart Beekeeping

Acknowledgements: 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : RS-2023-00232847)의 지원에 의해 이루어진 것임

## 최근 4년 기온 변동성 변화와 꿀벌 활동 환경 진단: 전국 6개 지점 비교

이현지<sup>1</sup>, 이승재<sup>1\*</sup>, 권형욱<sup>2</sup>, 우순옥<sup>3</sup>, 한상미<sup>3</sup>

<sup>1</sup>국가농림기상센터 연구개발부, <sup>2</sup>인천대학교 매개체감염병연구소, <sup>3</sup>국립농업과학원 농업생물부

\*교신저자 : sjlee@nacm.kr

꿀벌 생태는 온도 조건에 민감하고, 그 활동성은 기온 변화에 따라 크게 좌우된다. 본 연구는 지점별로 가용한 장기간 기온 자료를 활용하여 최근 4년(2022-2025년)의 월별 기온 특성을 분석하고, 기온 변화가 양봉 환경에 미치는 영향을 기상학적 관점에서 고찰하였다. 연구대상지는 영암, 철원, 광주를 포함한 6개 주요 관측지로 선정하였다. 기온 급변 특성을 평가하기 위해 평균기온, 표준편차, 극값(최고·최저)을 산정하고, 최근 4년의 월별 기온 특성을 기준분포 대비로 진단하였다. 그 결과, 장기 평균기온은 전반적으로 상승 경향을 보였고, 계절 전환 자연과 함께 변동성 증가 및 극값 빈도 강화로 대표되는 기후 불안정성이 강화되는 양상이 나타났다. 극값 최대 면적은 2023년 12월 영암에서, 극값 최대 진폭은 동일 시기 철원에서 나타났다. 최대 평균기온은 28.5 °C로 2024년 8월 광주에서, 최대 표준편차는 7.1 °C로 2023년 11월 철원에서 나타났다. 지역별 기온 변동성의 차이가 명확히 확인되었다. 이는 기온 변동성, 극값 교차, 누적적 온난화가 복합적으로 작용하여 꿀벌의 활동 조건을 불안정하게 만들고, 평균기온 수준과 무관하게 외부 활동 위험을 높일 수 있는 극값 중심의 고위험 양봉 환경이 형성될 가능성을 시사한다. 본 연구는 평균기온 변화뿐 아니라 표준편차와 극값을 함께 고려하여 월 단위로 정기 분석하는 접근법이 양봉 환경의 기후 민감성을 이해하는 데 중요함을 보여주며, 꿀벌의 활동 시기와 월동 안정성이 단순한 평균기온보다 기온 변동성과 극값에 더욱 민감하게 반응할 수 있음을 시사한다.

Keywords: Temperature extremes, Climate variability, Honeybee activity disruption, Apicultural climate risk

Acknowledgements: 본 연구는 농촌진흥청 기후변화에 따른 꿀벌 이상현상 조사 및 꿀벌 비적응 요인 연구(2단계) (과제번호: RS-2024-00339097)의 지원과 KISTI/KREONET의 지원으로 수행되었음

## Synthetic Auxin Herbicides Residues Compromise Honey Bee Colony Performance and Raise Concerns for Honey Quality

**Hyunjee Kim<sup>1</sup>, Olga Frunze<sup>1</sup>, Jeong-Hyeon Lee<sup>1</sup>, Hong Min Choi<sup>2</sup>, and Hyung-Wook Kwon<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Convergence Research Center for Insect Vectors (CRCIV), Incheon National University, Republic of Korea;

<sup>2</sup>Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration (RDA), Wanju 55365, Republic of Korea \*Correspondence: hwkwon@inu.ac.kr

Synthetic auxin herbicide residues are prevalent in agricultural and apicultural environments, posing concerns for honey bee health and honey quality as realistic sources of chronic, low-level exposure. However, their functional impacts beyond acute toxicity remain insufficiently characterized. Here, we evaluated life stage-dependent sensitivity and sub-lethal effects of synthetic auxin herbicide residues in honey bees. LD<sub>50</sub> values differed substantially among life stages, indicating differential vulnerability. Sub-lethal exposure reduced hypopharyngeal gland acini size and gustatory receptor expression in nurse bees, suggesting impaired nutritional signaling and brood care. In forager bees, exposure decreased sucrose and glucose responsiveness, and impaired olfactory learning and memory, potentially associated with reduced *AmOAI* expression. Together, these results demonstrate that chronic exposure to synthetic auxin herbicide residues disrupts essential nursing and foraging functions in honey bees, compromising colony performance and potentially influencing nectar utilization and honey quality.

**Funding:** This research was supported by the Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. RS-2023-00228817) from the Rural Development Administration, Republic of Korea, and the Priority Research Centers Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Ministry of Education (2020R1A6A03041954)

## Temporal Population Genomics Reveals Rapid Hybridization in Korean *Apis cerana*

**Jeong-Hyeon Lee<sup>1,2</sup>, Olga Frunze<sup>1,2</sup>, and Hyung Wook Kwon<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup>Department of Life Sciences, Incheon National University, 119 Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon 22012, Republic of Korea.

<sup>2</sup>Convergence Research Center for Insect Vectors, 119 Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon 22012, Republic of Korea.

The South Korean population of *Apis cerana* has recently undergone rapid genomic transition characterized by the introgression of non-native lineages. While the maternal lineages (K Native and C Hybrid) have undergone a near-total turnover, the nuclear genome exhibits a complex mosaic of ancestral and introduced variation. By analyzing 146 whole-genome sequences collected nationwide over an eight-year period (2014–2022), we quantified a shift from native genomic purity in 2014 (> 98%) to a heterogeneous hybrid state by 2022 (average native ancestry ≈ 55%). Global mitochondrial analysis indicates that the introgression genetic material clusters within the C-haplogroup prevalent in Main-land Southeast Asia. Genome-wide scans identified significant genetic differentiation ( $F_{ST} > 0.15$ ) against a genome-wide average ( $F_{ST} \approx 0.04$ ) in genomic regions enriched for cuticle maintenance, metabolic detoxification, and social immunity, suggesting a potential genomic basis for adaptation following introgression. These findings characterize the functional genomic consequences of human-mediated genetic rescue and provide a framework for understanding the long-term results of hybridization in native pollinators. Funding: This research was funded by “The Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development” (Project No. RS-2025-02214782) from the Rural Development Administration, Republic of Korea, and the Priority Research Centers Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Ministry of Education (2020R1A6A1A03041954).

## Mathematical modeling of physiological aging in honeybee (*Apis mellifera*)

**Olga Frunze<sup>1\*</sup>, Yumi Yun<sup>1\*</sup>, Hyunjee Kim<sup>1</sup>, and Hyung-Wook Kwon<sup>1\*\*</sup>**

<sup>1</sup>Department of Life Sciences@Convergence Research Center for Insect Vectors (CRCIV), Incheon National University, Republic of Korea; \*equal authors; \*\*Correspondence: hwkwon@inu.ac.kr.

Environmental stresses from climate change—particularly temperature and humidity fluctuations—affect honeybee (*Apis mellifera*) behavior and physiology. Worker bees, whose tasks change with age, exhibit lifespan variation from short-lived summer to long-lived winter generation. Understanding how stress influences their aging and maturation is critical yet poorly understood. We analyzed hypopharyngeal gland development, fat body lipid mass, and the expression of genes (*ilp1*, *ilp2*, *TOR1*, *JHAMT*, and *Vg*) in marked workers across 11 age groups under controlled conditions with low DWV levels. Five genes served as reliable age markers for a biological age prediction model. Validation using 14-day-old workers collected during the Flowering, Dearth, and Early Overwintering periods revealed predicted ages of 12.14, 14.64, and 28.17 days, respectively, indicating stress-accelerated aging in overwintering bees. This study provides novel insights into stress-induced aging and offers tools to assess colony health and resilience.

Keywords: biological age, honey bee, aging, new tool.

Funding: This research was supported by the Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. RS-2024-00339097), the Priority Research Centers Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2020R1A6A1A03041954) and a post-doctoral research program for excellence institute (2024-2026) in the Incheon National University.

P-27

## Development and Pilot Operation of a Bee Activity Index (BAI) Using NCAM-LAMP/WRF Operational Forecasts

Seung Jae Lee<sup>1</sup>, Hyeon Ji Lee<sup>1</sup>, Hyung Wook Kwon<sup>2</sup>, Soon Ok Woo<sup>3</sup> and Sang Mi Han<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Center for AgroMeteorology, <sup>2</sup>Incheon National University, <sup>3</sup>National Institute of Agricultural Sciences

We present a 0-100 Bee Activity Index (BAI) for South Korea built on hourly, 12-day NCAM-LAMP/WRF-based operational forecasts. The nationwide service is provided at a 2-km baseline resolution, with optional ~800-m high-resolution zoom layers for selected regions to examine local detail. Inputs include 2-m air temperature, 10-m wind speed, hourly precipitation rate derived from accumulated precipitation, downward shortwave radiation at the surface, and 2-m relative humidity. Factor functions  $f_T, f_W, f_P, f_S, f_{RH} \in [0,1]$  are combined as  $BAI = 100 f_T \times f_W \times f_P \times f_S \times f_{RH}$ . For operations, BAI is grouped into Bad (0-39), Normal (40-69), and Good (70-100), and the derived Good-hour metric (hours with  $BAI \geq 70$ ) is provided. Several beekeeper test beds are using the pilot service and providing feedback, which will be incorporated to refine the system and parameters in the second half of this year. We position the simple rule-based Oat as complementary to BAI—Oat conveys clear “available-hours” information for field communication, while BAI delivers multivariate, continuous spatiotemporal detail for mapping and forecasting. We also plan to integrate an acacia bloom factor ( $f_{bloom}$ ) to further improve accuracy.

Keywords: Bee Activity Index, NCAM-LAMP, WRF, Good-hour, Test bed, Oat, Acacia bloom

Acknowledgements: This study was conducted with support from the Rural Development Administration’s Research on Abnormal Bee Phenomena Due to Climate Change and Factors Contributing to Bee Non-Adaptation (Phase 2) (Project No.: RS-2024-00339097) and with support from KISTI/KREONET.

P-28

## 토종별 RX계통의 다지역·장기 사육 결과 분석을 통한 품종 등록 가능성 평가

이창훈, 김윤희, 김진명, 오대근, 김동원 그리고 최용수\*

농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 양봉과

본 연구는 토종별 신품종 RX계통의 품종 등록을 목적으로, 3년간 7개 지역(완주, 보은, 공주, 부안, 장성, 예천, 진주)에서 사육하며 수집된 생산성과 생리·행동 특성 자료를 종합적으로 분석하였다. RX계통과 대조구를 대상으로 일벌 개체당 수밀량, 저장 꿀의 무게, 봉군발육력, 월동력, 청소행동 및 온순성 등을 비교 평가하였다. 그 결과 RX계통의 일벌 개체당 평균 수밀량은 7.98 mg으로 대조구 대비 37.6% 높았으며, 1주일간 저장된 꿀의 평균 무게는 0.77 kg으로 대조구보다 26.2% 증가하였다. 수밀량에 대한 t-검정에서는 통계적 유의성이 나타나지 않았으나, Cohen’s d 분석 결과 8월 수밀량 0.33, 저밀량 0.18로 RX계통이 대조구에 비해 실제적인 효과 크기를 보였다. 봉군발육력, 월동력, 청소행동 및 온순성에서는 RX계통과 대조구 간 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 이상의 결과는 RX계통이 생산성 측면에서 우수한 잠재력을 지닌 토종별 계통임을 시사하며, 장기간·다지역 실증자료를 기반으로 한 신품종 등록의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

Keywords: 토종별, 신품종, 지역적응연구

## 도서격리지역을 활용한 고품질 로열젤리 꿀벌 우수품종 ‘젤리킹’ 생산 가능성 평가

이창훈, 김윤희, 김진명, 오대근, 김동원 그리고 최용수\*

농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 양봉과

본 연구는 도서 격리지역을 활용하여 고품질 로열젤리 생산 형질을 보유한 꿀벌 우수품종 ‘젤리킹(Jelly King)’의 안정적인 생산 가능성을 평가하고자 수행되었다. 농촌진흥청 국립농업과학원에서는 젤리킹 생산을 위한 기초 계통으로 모계 F계통과 부계 D계통을 각각 증식하여 지역 도농업기술원에 보급하였다. F계통은 보령 삽시도에서 1차 및 2차 증식을 통해 교미율 50%와 65%를 나타내며 총 60봉군이 조성되었고, D계통은 영광 낙월도에서 4차 증식을 통해 교미율 22.9~72.5% 범위로 총 68봉군이 확보되었다. 이후 각 도농업기술원에서는 도서 격리지역에서 F계통과 D계통을 교배하여 젤리킹 품종을 생산하였다. 그 결과 보령 장고도에서는 교미율 37.5~54.7%, 군산 연도에서는 52.6~56.8%, 영광 낙월도에서는 80%의 교미율을 보였으며, 동일 도서 내 반복 생산에서는 28.4~48.0%의 변동성이 관찰되었다. 이러한 결과는 도서 격리지역이 젤리킹과 같은 교배종 생산에 유효한 환경임을 시사하며, 향후 교미 성공률에 영향을 미치는 환경 요인과 로열젤리 생산 성과의 연계 분석이 필요함을 보여준다. 본 연구에서 생산된 젤리킹 품종은 향후 농가로 확산되어 로열젤리 생산 안정화와 양봉농가 소득 증대에 기여할 것으로 기대된다.

Keywords: 꿀벌, 우수품종, 이용촉진

## Mortality Characteristics of Honeybees Under Indoor Overwintering Conditions

**Jin Myung Kim, Daegeun Oh, Yun Hui Kim, Chang-hoon Lee, Peter Nijukang Akongte, Yong-Soo Choi, and Dongwon Kim**

Department of Agricultural Biology, Honeybee Resource Materials Research Laboratory,  
National Institute of Agricultural Sciences

Climate change-induced fluctuations in winter temperatures have been identified as a key factor contributing to the continued overwintering mortality of honeybees. Overwintering mortality directly affects colony survival and the productivity of apicultural products in the following year. Accordingly, indoor overwintering management has gained attention as a potential alternative to minimize the impact of external environmental factors. However, information on the optimal conditions for indoor overwintering of honeybees remains limited. In this context, this study aimed to evaluate the overwintering efficiency of the Western honey bee (*Apis mellifera*) and the Korean honey bee (*A. cerana*) under controlled low-temperature indoor conditions. The experiment was conducted in warehouses at the Wido Honeybee Breeding Station, set at a relative humidity (RH) of 50% and temperatures of 1°C and -1°C. A total of 18 *A. mellifera* colonies were placed in the 1°C warehouse, while 34 *A. cerana* colonies were equally divided and placed in the 1°C and -1°C warehouses, respectively. Mortality was assessed by counting the number of dead bees during the overwintering period. The results showed that *A. mellifera* exhibited the highest mortality among the groups, while *A. cerana* showed lower mortality under the same temperature conditions. Weekly monitoring revealed a continuous increase in mortality in the *A. cerana* colonies stored at -1°C, whereas both *A. mellifera* and *A. cerana* colonies stored at 1°C exhibited an increase in mortality during the first three weeks of overwintering, followed by a gradual decline thereafter. These results indicate that patterns of bee mortality during indoor overwintering can vary depending on the species and temperature conditions.

Keywords: *Apis mellifera*, *Apis cerana*, Indoor overwintering, Warehouse, Mortality

P-31

## 아카시꿀 내 혼입화분 및 밀원식물 화분형태 분석을 위한 전처리법 확립

이문선, 이샘결, 김선미, 손윤곤, 박수원, 최흥민, 임푸름 and 우순옥\*  
국립농업과학원 양봉과

꿀은 밀원식물의 종류에 따라 맛, 향, 성분 특성이 달라진다. 특히 아카시꿀은 특유의 풍미로 인해 국내에서 가장 많이 소비되는 꿀 중 하나이다. 국내산 아카시꿀의 주요 밀원은 *Robinia pseudoacacia*인 반면, 베트남에서 생산되는 아카시아꿀은 *Acacia pycnantha*를 밀원으로 하여 서로 다른 식물 기원에서 유래한다. 그럼에도 불구하고 소비자들 사이에서는 아카시꿀과 아카시아꿀이 명확히 구분되지 않은 채 혼용되고 있는 실정이다. 또한 중국산 아카시꿀이 베트남을 경유하여 베트남산 아카시아꿀로 둔갑되어 수입되거나, 수입산 꿀이 국산으로 위장 유통될 가능성에 대한 우려가 지속적으로 제기되고 있다. 이에 본 연구는 국산 아카시꿀의 주변 식생을 조사하고, 국내 밀원식물의 화분 형태와 아카시꿀 내 화분 형태를 비교 분석함으로써 국산꿀과 외국산꿀을 판별하기 위한 형태학적 데이터베이스를 구축하고자 하였다. 이를 위해 화분 형태 분석에 활용되는 기존의 초산분해(acetolysis) 후 탈색 및 염색 과정을 변형하여, 초산분해 후 탈색 과정만으로도 화분 형태 관찰이 가능한 간소화된 전처리법을 확립하였다. 향후 본 전처리법을 활용하여 밀원식물 화분과 아카시꿀 내 화분의 형태 데이터를 축적하고, 이를 기반으로 AI 딥러닝 기법을 적용함으로써 꿀의 원산지 판별 가능성을 제시하고자 한다.

Keywords: 아카시꿀, 화분형태분석, 화분전처리법, 현미경분석

사사: 본 연구는 농촌진흥청 사업 수입산 아카시꿀 대응기술 개발(PJ01745701)의 지원으로 수행되었습니다.

P-32

## DNA Inside Honey: Metabarcoding-Based Assessment of Pollinator Foraging and Floral Origin

Akhtar Ayoobi<sup>1</sup>, Hyeonjeong Jang<sup>1</sup>, and Chuleui Jung<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Plant Medicinals, Gyeongbuk National University, Andong 36729, Republic of Korea

<sup>2</sup>Agricultural Research Institute, Gyeongbuk National University, Andong 36729, Republic of Korea

Honey and pollen are biologically mediated matrices that integrate plant-derived signals through pollinator foraging behavior and colony-level processing. As a result, their molecular composition reflects realized plant-pollinator interactions rather than unbiased surveys of surrounding flora. In recent years, DNA metabarcoding has been widely applied to analyze these matrices by recovering plant DNA preserved within honey and pollen. This investigation combines advances in honey and pollen DNA metabarcoding within a unified framework that conceptualizes “DNA inside honey” as a molecular archive of foraging activity. We evaluate its applications in pollinator foraging ecology and honey authentication, with emphasis on methodological factors such as marker choice, multilocus strategies, and bioinformatic workflows, as well as biological and technical biases that constrain interpretation. Honey DNA metabarcoding signals reflect bee-mediated, interaction-weighted processes and should be treated as a complementary, rather than quantitative, proxy for floral composition.

Keywords: DNA metabarcoding, honey authentication, foraging ecology, floral origin, molecular markers.

P-33

## 드론 기법을 이용한 완주지역 내 아까시꽃 개화면적 분석

최홍민, 우순옥, 임푸름, 손윤곤, 이문선  
국립농업과학원 양봉과

아까시꽃은 목본류로 생육기간이 길며, 재배를 통한 면적을 산출하기가 어려워 실제 단위면적당 아까시꽃의 개화면적을 정확하게 계산하기는 어렵다. 본 연구에서는 이러한 아까시꽃의 개화면적을 드론을 이용한 촬영을 통해 영상기법을 이용하여 단위면적당 개화면적을 산출하고자 하였다. 완주지역 국립농업과학원 양봉장 주변 꿀벌의 주요 활동 범위 내 아까시꽃 식생이 많은 500m 반경 3지점을 설정하고 드론 영상 기반 식생지수를 기반으로 녹색을 탐지하여 산림의 면적을 산정하였다. 그 결과, 3지점의 산림면적은 각각 91,462㎡, 37,602㎡, 134,251㎡이었으며, 그 중에서 RGB DN기반으로 개화를 탐지하는 식생지수를 설정한 후 임계값은 높지만 어두운 영역을 제거하여 개화가 일어난 면적을 산출하였으며, 이를 딥러닝 기반으로 산림 면적당 꽃개체 및 개화율을 분석하였다. 그 결과, 1지점은 산림 91,462㎡ 중 개화 탐지면적은 10,924㎡(약 11.9%)로 산출되었으며, 2지점은 37,602㎡ 중 개화 탐지면적은 3,379㎡(약 9.0%)로 산출되었고, 3지점은 134,251㎡ 중 개화 탐지면적은 9,677㎡(약 7.2%)로 산출되었다. 이처럼 전체 면적에서 개화가 일어난 면적을 영상 기반으로 추출하였으며, 이를 기반으로 산림이 아니거나 아까시가 아닌 지역을 제외한 실면적에 근거한 보다 신뢰성 있는 개화면적을 산출하기 위한 기초데이터로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

Keywords: 아까시꽃, 개화면적, 드론

사사: 본 연구는 농촌진흥청 사업(과제번호: RS-2023-00230940)의 지원으로 수행 되었습니다.

P-34

## Small-Scale Analysis of Natural and Artificially Fed Honey

Samgyul Lee<sup>1</sup>, Mun Seon Lee, Yun Gon Son, Suwon Park, Seonmi Kim,  
Hongmin Choi, Pureum Im, and Soon Ok Woo\*

Division of Apiculture, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration (RDA),  
Wanju 55365, Korea

Honey composition can vary depending on foraging conditions and feeding practices, and analytical approaches are required to objectively distinguish natural honey from artificially fed honey. However, many conventional analytical methods require relatively large sample amounts, which limits their applicability when sample availability is restricted. In this study, a small-scale analytical approach was applied to compare the compositional characteristics of natural honey and artificially fed honey. Honey samples were pretreated and analyzed using minimal sample amounts, and the feasibility of compositional comparison under small-sample conditions was evaluated. Distinct compositional patterns between natural honey and artificially fed honey were observed even with limited sample quantities. These results demonstrate that small-scale analytical methods can be effectively applied for the comparative analysis of honey samples. This study provides fundamental data for honey quality evaluation and differentiation when only limited sample amounts are available.

Keywords: Honey composition, natural honey, artificially fed honey

This research was supported by the RDA Fellowship Program (PJ017457) of the National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Republic of Korea

P-35

## Evaluation of Nectar and Pollen Traits in Winter- and Spring-Grown Rapeseed Cultivar 'Jungmo 7001'

정재희, 안다희, 조현민, 조경철, 차영록, 최지봉, 김동성, 오은영, 김영준, 박원

농촌진흥청 국립식량과학원 소득식량작물연구소

유채(*Brassica napus* L.)는 「양봉산업법」 시행규칙 제2조(밀원식물 범위) 3호에 규정된 초본 밀원식물이다. 유채는 재배 시기 조절을 통해 개화기간을 조정할 수 있다는 장점이 있으나, 이에 대한 연구가 미흡하여 본 연구에서는 재배시기별 유채의 밀원가치를 평가하고자 하였다.

국내에서 유채는 겨울 유채와 봄 유채로 모두 재배가 가능한 '중모7001' 품종을 이용하였다. 시험지는 전남 무안이며 겨울 재배는 2024년 10월 13일, 봄 재배는 2025년 2월 21일에 파종하였고, 재배관리는 유채 표준재배법에 따라 수행하였다. 재배시기별 유채의 개화특성을 조사하고, 화밀은 Micro-capillary tube, 화분은 Ethanol-Ether 실험법을 이용해 채취 후 특성을 분석하였다.

겨울 재배의 개화기간과 누적 개화 꽃 수는 22.3일(3. 28. - 4. 25.)과 306.1개로, 봄 재배 18.2일(5. 9. - 5. 30.), 246.7개보다 길고 많았다. 꽃당 화밀과 화분 생산량은 겨울 재배에서 각각 3.63  $\mu$ L 및 0.60 mg으로, 봄 재배(2.19  $\mu$ L, 0.19 mg)보다 높았다. 화밀의 유리당 조성은 두 재배시기 모두에서 Hexose(Glucose+Fructose)가 98% 이상을 차지하였다. 이러한 결과는 유채 밀원단지 조성시 재배시기 조절을 통한 개화기 분산 및 양봉자원 공급 전략 수립에 기초자료로 활용될 수 있다.

Keywords: Winter rapeseed, Spring rapeseed, Nectar, Pollen

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 연구사업(과제명: 다목적 밀원용 유채 가치 증진 및 재배기술 개발(2세부), 과제번호: PJ01763902)의 지원으로 수행되었습니다.

## 뜰보리수의 밀원가치 평가

원상재, 박지민, 김현준 and 나성준  
국립산림과학원 산림특용자원연구과

뜰보리수(*Elaeagnus multiflora* Thunb.)는 보리수나무과(Elaeagnaceae)에 속하는 낙엽성 관목으로, 척박한 토양에서도 안정적으로 생육하며 열매와 식물체 전반에 유리당, 유기산, 아미노산 및 폴리페놀류를 풍부하게 함유하고 있어 기능성 식품 및 천연물 소재로 활용성이 우수한 유용 식물자원이다. 또한 뜰보리수는 국내 주요 밀원수종인 아까시나무 이전에 다량의 꽃을 개화하는 수종으로, 이 시기 꿀벌을 비롯한 화분매개자의 먹이자원 확보 측면에서 밀원자원으로서 활용 가치가 크지만, 이에 대한 정량적 평가는 미흡한 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 뜰보리수의 생장 및 개화 특성, 화밀분비량, 유리당 및 아미노산 함량을 분석하여 밀원 자원으로서의 가치를 정량적으로 평가하였다. 조사된 뜰보리수는 높이 4.2 m, 수관 폭 3.8 m로 가지당 평균 66개의 꽃을 형성하고, 분당 가지수가 361개로 분당 총 120,398개의 꽃을 피우는 것으로 확인되었다. 꽃당 화밀분비량은 2.1  $\mu$ L, 유리당 함량은 1.1mg이었으며, 아미노산 분석에서는 주요 성분으로 아스파라긴(458.1 mg/L), 프롤린(106.1 mg/L), 글루타민(83.5 mg/L)을 포함한 총 11종이 검출되었다. 화밀 특성과 개화량을 기반으로 산출한 분당 잠재적 꿀 생산량은 135.9 g, ha당 생산량은 94.0 kg으로 추정되었다. 본 연구는 뜰보리수가 양질의 화밀과 아미노산을 제공하는 밀원수로서 활용 가능성이 높음을 시사한다.

Keywords: Nectar plants, Nectar content, Amino acid composition, Honey production

사사: 본 연구는 국립산림과학원 산림과학연구사업(FG0403-2023-01-2026)의 지원에 의해 수행되었음