

< Original Article >

경북 동부지역 꿀벌에서 주요 병원체의 분자생물학적 검출

우인옥¹ · 도재철¹ · 서민구^{2,3} · 정태남¹ · 조민희¹ · 곽동미^{3*}

¹경북가축위생시험소 동부지소, ²농림수산검역검사본부, ³경북대학교 수의과대학

Molecular detection of infectious pathogens in honeybee colonies reared in eastern Gyeongbuk province, Korea

In-Ohk Ouh¹, Jae-Cheul Do¹, Min-Goo Seo^{2,3}, Tae-Nam Jeong¹, Min-Hee Cho¹, Dong-Mi Kwak^{3*}

¹East-Branch, Gyeongbuk Veterinary Service Laboratory, Gyeongju 780-933, Korea

²Animal, Plant and Fisheries Quarantine and Inspection Agency, Anyang 430-757, Korea

³College of Veterinary Medicine, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

(Received 13 November 2012; revised 5 March 2013; accepted 19 March 2013)

Abstract

The ecologically and economically important honeybee species are susceptible to infections by various pathogens. This study was investigated to detect infectious pathogens in honeybee colonies reared in eastern Gyeongbuk province by PCR in 2010~2011. A total of 11 infectious pathogens, including 6 viruses, 2 bacteria, 2 fungi, and 1 parasite, were investigated in honeybee colonies suffering from symptoms of sudden collapse, depopulation, or paralysis. The infectious pathogens and infection rates among 24 honeybee colonies detected were as follows: sacbrood virus (66.7%), deformed wing virus (4.2%), black queen cell virus (12.5%), Kashmir bee virus (29.2%), American foulbrood (41.7%), European foulbrood (12.5%), stonebrood (45.8%), chalkbrood (4.2%), and *Nosema* (33.3%), respectively. Since the coinfection rates of multiple pathogens were detected high in honeybee colonies reared in eastern Gyeongbuk province, large-scale investigation and appropriate control programs need to be established in this region.

Key words : Honeybee diseases, PCR, Eastern Gyeongbuk province

서 론

화분매개 곤충인 꿀벌(honeybee)은 전 세계 주요 100대 농작물의 71%를 수정하므로 농업생산에 큰 영향을 줄 뿐만 아니라 각종 유용 산물을 생산하여 그 경제적인 가치가 매우 높다(이 등, 2011). 국내 양봉의 꿀 생산액은 20년간 약 3.2배 정도 증가해 2,259억 원에 이르며, 세계 전체 봉군 수에서 11위권, 1봉군당 생산량은 21위권, 꿀 생산량은 15위권을 차지하고 있다(Lee 등, 2010). 그러나, 최근 국내 양봉 산업의 생산성은 떨어지고 있으며 그 원인 중 하나는 다양한

질병의 발생에 기인하는 것으로 추정되고 있다. 질병으로 인하여 봉군이 피해를 입을 수도 있고, 많은 경우 그 생산성에 영향을 미칠 뿐만 아니라 봉군의 존재 또한 위협을 받고 있다. 꿀벌의 질병을 예방하고 치료하기 위해서는 신속하고 정확한 진단과 적절한 처치가 필요하다(Yoo와 Yoon, 2009).

꿀벌에서 주로 문제가 되는 질병들은 낭충봉아부패병(sacbrood virus, SBV), Kashmir bee viurs (KBV) 등 18종의 바이러스성 질병, *Paenibacillus larvae*가 원인체인 미국부저병(American foulbrood, AFB)과 *Melissococcus pluton*가 원인체인 유럽부저병(European foulbrood, EFB) 등을 포함하는 6종의 세균성 질병, *Ascosphaera apis*가 원인체인 석고병(stonebrood, SB)과 *As-*

*Corresponding author: Dong-Mi Kwak, Tel. +82-53-950-7794
Fax. +82-53-950-5955, E-mail. dmkwak@knu.ac.kr

pergillus spp.가 원인체인 백묵병(chalkbrood, CB)을 포함하는 2종의 진균성 질병, 꿀벌응애(*Varroa mites*, *Varroa destructor*), 중국 가시응애(*Tropilaelaps clareae*) 등을 포함하는 8종의 절지동물성 질병 및 노제마(*Nosema apis*) 등을 포함하는 3종의 원충성 질병이 보고되어 있다(Allen과 Ball, 1996). 지난 2006~2007년 미국에서 일벌들의 30% 이상이 없어지는 봉군붕괴현상(colony collapse disorder, CCD)이 보고된 이후 현재까지 세계적으로 약 25% 이상의 일벌들이 없어진 것으로 보고되어 있다. CCD의 원인체는 아직 정확하게 확인되지 않았으나, 전자파, 환경독성물질, 유전자 변형 생물체 또는 바이러스 등에 의해 발생하는 것으로 추정되고 있다(Oldroyd, 2007). 최근 3년간 국내에서도 SBV에 의한 피해 신고가 꾸준히 증가하여 왔으며, 2010년에는 동양종 꿀벌(*Apis cerana*) 전체의 75% 이상이 폐사된 것으로 보고되었다(이 등, 2011).

이러한 상황에서 경상북도 경주시, 포항시 및 영덕군 등에서도 꿀벌의 질병으로 큰 피해가 발생하였기에 이 지역에서 문제가 되는 꿀벌 질병 원인체 및 복합 감염 실태를 조사하여 질병을 효과적으로 방제하기 위한 기초자료를 얻고자 이 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

꿀벌 시료

꿀벌의 폐사 및 활동저하 등으로 인한 질병 의뢰건에 대해 성충 및 유충을 포함하여 농가별로 채취한 꿀벌 시료를 봉군별로 그룹화 하여 시험에 공시하였다. 2010~2011년 경상북도 가축위생시험소 동부지소에서 농립수산검역검사본부로 의뢰한 총 12농가의 12개 봉군(2010년 포항시 1농가, 영덕군 7농가 및 2011년 경주시 4농가), 2011년 경북 경주시 5농가, 포항시 1농가, 영덕군 4농가, 총 10농가의 12개 봉군을 포함하여 경주 10개 봉군, 포항 2개 봉군, 영덕 12개 봉군으로서 총 24개 봉군이다. 품종별로는 동양종 꿀벌(Korean native bee, oriental honeybee, *A. cerana*) 15개 봉군과 서양종 꿀벌(Western honeybee, *A. mellifera*) 9개 봉군으로 나뉜다.

조사병원체

꿀벌의 주요 질병 가운데 이 연구에서 조사한 것은 acute bee paralysis virus (ABPV), black queen cell virus (BQCV), chronic bee paralysis virus (CBPV), deformed wing virus (DWV), KBV 및 SBV를 포함하는 6종의 바이러스, AFB와 EFB를 포함하는 2종의 세균, SB와 CB를 포함하는 2종의 진균 및 원충인 *Nosema*로 총 11종이었다.

꿀벌 DNA 및 RNA 추출

채취한 시료는 액체질소로 동결시킨 상태에서 먼저 분쇄를 위해 MagNa Lyser (Roche, Germany)를 이용하였다. 꿀벌의 chromosomal DNA 및 RNA 추출은 RNeasy Mini Kit (Qiagen, Germany)를 사용하여 제작사의 지침에 따라 분리한 후 -20°C 에서 냉동 보관하였다.

병원체 프라이머 제작

꿀벌의 11가지 질병 원인체인 SBV, DWV, BQCV, KBV, ABPV, CBPV, AFB, EFB, SB, CB, *Nosema*에 대하여 각각의 병원체 특이 프라이머를 제작하였다 (Table 1).

PCR 분석

꿀벌 질병 병원체 특이 프라이머를 이용한 유전자 증폭은 One Step RT-PCR kit (Qiagen, Germany)를 사용하여 제작사의 지침에 따라 $5\times$ One Step RT-PCR buffer 10 μl , dNTP 2 μl , 프라이머(10 pmol/ μl) 각 1 μl , One Step RT-PCR buffer enzyme mix 2 μl , 시료 5 μl 를 혼합하고 DW를 29 μl 첨가하여 총량이 50 μl 가 되도록 하였다. RNA 시료의 경우 reverse transcription은 50°C 에서 30분, 95°C 에서 15분으로 1 cycle, denaturation은 94°C 에서 30초, annealing 온도는 Table 1의 T_m (melting temperature)을 근거하여 각 30초, extension은 72°C 에서 60초로 총 40 cycles로 반응하고 final extension은 72°C 에서 10분을 수행하였다. DNA 시료의 경우에는 predenaturation을 94°C 에서 5분간 실시 후 그 다음 순서는 동일하게 진행하였다. T-Professional Thermocycler (Biometra, Germany)를 이용하여 유전자 증폭을 실시하였다.

Table 1. Sequences of the oligonucleotide primers specific to honeybee pathogens used in this study

Target Pathogen*	Primer sequence (5' → 3')	Tm (°C)	Size (bp)	Reference
SBV	F: ACCAACCGATTCTCAGTAG R: TCTTCGTCCACTCTCATCAC	52	258	Yoo et al, 2007b
DWV	F: TCATCTTCAACTCGGCTTTCTACG R: CGAATCATTTTCACGGGACG	55	479	Lee et al, 2005a
BQCV	F: TGGTCAGCTCCACTACCTTAAAC R: GCAACAAGAAGAAACGTAAACCAC	55	701	Benjeddou et al, 2001
KBV	F: GATGAACGTCGACCTATTGA R: TGTGGGTGGCTATGAGTCA	50	415	Stoltz et al, 1995 Yoo et al, 2007b
ABPV	F: TTATGTGTCCAGAGACTGTATCCA R: GCTCCTATGCTCGGTTTTCGGT	55	901	Benjeddou et al, 2001
CBPV	F: AGTTGTCATGGTTAACAGGATACGAG R: TCTAATCTTAGCACGAAAGCCGAG	55	455	Ribière et al, 2002
AFB	F: GTGTTTCCTTCGGGAGACG R: CTCTAGGTCGGCTACGCATC	55	233	Lee et al, 2004
EFB	F: AAGAGTAACTGTTTTCCTCG R: ACGCCTTAGAGATAAGGTTT	45	564	Ha et al, 2005
SB	F: ATCGGGCGGTGTTTCTATG R: ACCGGGCTATTTAAGGGCCG	55	312	Lee et al, 2004
CB	F: GGCTGTAGGGGGAACCAGGA R: CGGGTGGTCGTTTCCAGCCTC	55	994	Lee et al, 2005b
<i>Nosema</i>	F: CTGCCTGACGTAGACGCTAT R: CTTCGATCCTCTAGCTTACG	50	592	Yoo et al, 2007b

*SBV: sacbrood virus, DWV: deformed wing virus, BQCV: black queen cell virus, KBV: kashmir bee virus, ABPV: acute bee paralysis virus, CBPV: chronic bee paralysis virus, AFB: American foulbrood, EFB: European foulbrood, SB: stonebrood, CB: chalkbrood.

증폭된 산물의 분석

증폭된 산물을 확인하기 위하여 PCR 용액 10 µl를 1.5% agarose gel에서 100 V로 30분간 전기영동을 한 후 0.5 µg/ml ethidium bromide (Bioneer, Korea)를 처치하여 UV transilluminator로 관찰하였다. 증폭된 DNA 산물의 크기를 확인하기 위하여 100 bp DNA ladder (Intron, Korea)를 이용하여 증폭산물의 크기를 확인하였다.

결 과

지역별 꿀벌 병원체 검출

경북 동부지역 전체에서 검출된 꿀벌 병원체는 SBV 66.7%, SB 45.8%, AFB 41.7%, *Nosema* 33.3%, KBV 29.2%, EFB 12.5%, BQCV 12.5%, CB 4.2% 및 DWV 4.2% 순으로 나타났다(Table 2). 경주 지역에서는 SBV 90%, SB 60%, AFB 40%, KBV 30%, BQCV 20%, DWV 10%, CB 10% 및 *Nosema* 10%의 순으로

확인되었다. 포항 지역에서는 SBV 100% 및 AFB 50%의 순으로 나타났다. 영덕 지역에서는 *Nosema* 58.3%, AFB 41.7%, SB 41.7%, SBV 41.7%, KBV 33.3%, EFB 25% 및 BQCV 8.3%의 순으로 나타났다 (Table 2).

발육단계별 꿀벌 병원체 검출

발육단계별 봉군수는 성충 6개 봉군(25%)과 유충 18개 봉군(75%)이었다(Table 3). 발육단계별 질병 발생은 성충에서 SBV 100%, SB 83.3%, AFB 50%, *Nosema* 33.3% 및 BQCV와 KBV 16.7%의 순으로 나타났다고 유충에서 SBV 55.6%, AFB 38.9%, KBV, SB 및 *Nosema* 각각 33.3%, EFB 16.7%, BQCV 11.1%, DWV와 CB 5.6%의 순으로 나타났다(Table 3).

계절별 꿀벌 병원체 검출

계절별 꿀벌 시료는 봄 7개 봉군(29.2%), 여름 8개 봉군(33.3%), 가을 8개 봉군(33.3%), 겨울 1개 봉군(4.2%)이었다(Table 4). 계절별 질병 발생 빈도는 봄에 *Nosema* 71.4%, SBV, DWV, BQCV, SB 및 CB 14.3%

Table 2. Infectious pathogens molecularly detected from honeybee colonies reared in eastern Gyeongbuk province according to areas in 2010~2011

Area	No. tested	No. of positive (%)										
		SBV	DWV	BQCV	KBV	ABPV	CBPV	AFB	EFB	SB	CB	<i>Nosema</i>
Gyeongju	10	9 (90)	1 (10)	2 (20)	3 (30)			4 (40)		6 (60)	1 (10)	1 (10)
Pohang	2	2 (100)						1 (50)				
Yeongdeok	12	5 (41.7)		1 (8.3)	4 (33.3)			5 (41.7)	3 (25)	5 (41.7)		7 (58.3)
Total	24	16 (66.7)	1 (4.2)	3 (12.5)	7 (29.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	10 (41.7)	3 (12.5)	11 (45.8)	1 (4.2)	8 (33.3)

SBV: sacbrood virus, DWV: deformed wing virus, BQCV: black queen cell virus, KBV: kashmir bee virus, ABPV: acute bee paralysis virus, CBPV: chronic bee paralysis virus, AFB: American foulbrood, EFB: European foulbrood, SB: stonebrood, CB: chalkbrood.

Table 3. Infectious pathogens molecularly detected from honeybee colonies reared in eastern Gyeongbuk province according to developmental stages in 2010~2011

Age	No. tested	No. of positive (%)										
		SBV	DWV	BQCV	KBV	ABPV	CBPV	AFB	EFB	SB	CB	<i>Nosema</i>
Imago	6	6 (100)		1 (16.7)	1 (16.7)			3 (50)		5 (83.3)		2 (33.3)
Larva	18	10 (55.6)	1 (5.6)	2 (11.1)	6 (33.3)			7 (38.9)	3 (16.7)	6 (33.3)	1 (5.6)	6 (33.3)
Total	24	16 (66.7)	1 (4.2)	3 (12.5)	7 (29.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	10 (41.7)	3 (12.5)	11 (45.8)	1 (4.2)	8 (33.3)

SBV: sacbrood virus, DWV: deformed wing virus, BQCV: black queen cell virus, KBV: kashmir bee virus, ABPV: acute bee paralysis virus, CBPV: chronic bee paralysis virus, AFB: American foulbrood, EFB: European foulbrood, SB: stonebrood, CB: chalkbrood.

Table 4. Infectious pathogens molecularly detected from honeybee colonies reared in eastern Gyeongbuk province according to seasons in 2010~2011

Season	No. tested	No. of positive (%)										
		SBV	DWV	BQCV	KBV	ABPV	CBPV	AFB	EFB	SB	CB	<i>Nosema</i>
Spring	7	1 (14.3)	1 (14.3)	1 (14.3)						1 (14.3)	1 (14.3)	5 (71.4)
Summer	8	8 (100)		1 (12.5)	4 (50)			4 (50)	1 (12.5)	4 (50)		1 (12.5)
Autumn	8	7 (87.5)		1 (12.5)	3 (37.5)			6 (75)	2 (25)	6 (75)		1 (12.5)
Winter	1											1 (100)
Total	24	16 (66.7)	1 (4.2)	3 (12.5)	7 (29.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	10 (41.7)	3 (12.5)	11 (45.8)	1 (4.2)	8 (33.3)

SBV: sacbrood virus, DWV: deformed wing virus, BQCV: black queen cell virus, KBV: kashmir bee virus, ABPV: acute bee paralysis virus, CBPV: chronic bee paralysis virus, AFB: American foulbrood, EFB: European foulbrood, SB: stonebrood, CB: chalkbrood.

순으로 나타났고, 여름에 SBV 100%, KBV, AFB 및 SB 50%, BQCV, EFB 및 *Nosema* 12.5% 순으로 나타났다. 가을에 SBV 87.5%, AFB 및 SB 75%, KBV 37.5%, EFB 25%, BQCV 및 *Nosema* 12.5% 순으로 그리고 겨울에는 *Nosema*가 100%로 나타났다(Table 4).

꿀벌 증별 병원체 검출

총 24개 봉군 가운데 꿀벌 증별 병원체 검출률은 Table 5에 나타내었다. 동양종 꿀벌 15개 봉군에서는 SBV 100%, SB 73.3%, AFB 66.7%, KBV 46.7%, EFB 20%, BQCV 13.3%, CB 및 *Nosema* 6.7% 순으로 나타

났고, 서양종 꿀벌 9개 봉군에서는 *Nosema* 77.8%, SBV, DWV 및 BQCV 11.1%의 순으로 검출되었다(Table 5).

꿀벌 병원체 복합감염 정도

꿀벌 병원체 복합감염 형태는 단독감염 8개 봉군(33.3%), 이중감염 5개 봉군(20.8%), 삼중감염 3개 봉군(12.5%), 사중감염 2개 봉군(8.3%), 오중감염은 5개 봉군(20.8%)으로 나타났다. 총 24개 봉군 중 15개 봉군(62.5%)에서 2가지 이상의 병원체에 중복감염된 것으로 나타났다(Table 6).

Table 5. Infectious pathogens molecularly detected from honeybee colonies reared in eastern Gyeongbuk province according to breeds in 2010~2011

Breed	No. tested	No. of positive (%)										
		SBV	DWV	BQCV	KBV	ABPV	CBPV	AFB	EFB	SB	CB	Nosema
Oriental honeybee	15	15 (100)		2 (13.3)	7 (46.7)			10 (66.7)	3 (20)	11 (73.3)	1 (6.7)	1 (6.7)
Western honeybee	9	1 (11.1)	1 (11.1)	1 (11.1)								7 (77.8)
Total	24	16 (66.7)	1 (4.2)	3 (12.5)	7 (29.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	10 (41.7)	3 (12.5)	11 (45.8)	1 (4.2)	8 (33.3)

SBV: sacbrood virus, DWV: deformed wing virus, BQCV: black queen cell virus, KBV: kashmir bee virus, ABPV: acute bee paralysis virus, CBPV: chronic bee paralysis virus, AFB: American foulbrood, EFB: European foulbrood, SB: stonebrood, CB: chalkbrood.

Table 6. Degree of single and mixed infections in 24 honeybee colonies reared in eastern Gyeongbuk province in 2010~2011

No. of infected honeybee colonies (%)	Complexity of infection					
	None	Single	Double	Triple	Quadruple	Quintuple
	1 (4.2)	8 (33.3)	5 (20.8)	3 (12.5)	2 (8.3)	5 (20.8)

고찰

2010년 전국적으로 낭충봉아부패병이 발생해 많은 피해를 일으켜 이 질병뿐만 아니라 감별되는 중요한 꿀벌 병원체들의 감염 상황을 알아보려고 이 연구를 수행하였다. 꿀벌 바이러스 질병 중에서 2009년 SBV 감염률은 전국적으로는 17.6%, 경북지역은 20%인데 (Yoo와 Yoon, 2009), 이번 경북 동부지역 감염률은 3개 지역 전부 감염되었으며 총 66.7%로 높은 수치를 나타내었다. 발육단계별로는 성충에서는 시료전부가 감염되어 유충 감염률(55.6%)의 거의 두 배로 높았으며, 계절별로는 여름(100%)과 가을(87.5%)이 봄(14.3%)보다 감염률이 높은 것으로 나타났으며 겨울에는 발생하지 않았다. 또한 동양종 꿀벌은 11.1%의 감염률을 보인 서양종 꿀벌과는 달리 100%의 감염률을 보여, 동양종 꿀벌이 SBV에 저항성이 매우 낮음을 알 수 있었다. 과거 국내 27개 지역 중 예천, 경주 지역에서만 SBV가 감염되어 발생빈도가 낮다는 Kim 등(2008)의 보고와는 다르게, 최근 3년간 SBV에 의한 피해 신고가 꾸준히 증가하는 것을 증명하듯이 이번 결과는 SBV 검출율이 높게 나타났다. 2010년에는 동양종 꿀벌 전체의 75% 이상이 폐사하여(이 등, 2011) 동양종 꿀벌 보존 사업을 하게 된 결정적인 원인이 되었는데, 이번 연구에서도 동양종 꿀벌은 100%의 감염을 나타내었다. SBV에 감염된 성충의 경우 길으로는 건강한 꿀벌과 구분이 되지 않으나 개체의 수명이 줄

어들어 일찍 사망하는 일이 많으며(Kim 등, 2008) 본 연구 결과에서도 성충의 경우 100% 감염되어 있었다. SBV는 국내 양봉산업에 심각한 피해를 입히고 있어 현재 제2종 가축전염병으로 분류되어 관리되고 있는데, 이번 실험에서 조사된 꿀벌의 질병 중 가장 높은 수치를 나타내었다.

2009년 DWV 감염률은 전국적으로는 33%, 경북지역은 24.4%인데(Yoo와 Yoon, 2009), 이번 경북 동부지역 감염률은 4.2%를 나타내었다. 그 중 감염률은 유충에서 5.6%이고, 봄에 14.3%가 감염되었고, 서양종 꿀벌에서 11.1%의 수치를 나타내었다. 경북 동부지역에서는 감염률이 높지는 않지만 전국적으로 감염률이 30% 이상이므로 앞으로 계속 모니터링을 해야 할 것으로 여겨진다.

BQCV 감염률은 전국적으로 2007년은 13.4% (Yoo 등, 2007b), 2009년은 35.6%, 경북지역은 31.1%인데 (Yoo와 Yoon, 2009), 이번 경북 동부지역은 12.5%를 나타내었다. 그 중 성충과 유충은 각각 16.7%, 11.1%이고, 봄, 여름, 가을 각각 14.3%, 12.5%, 12.5%, 동양종 꿀벌과 서양종 꿀벌은 각각 13.3%, 11.1%의 수치를 나타내었다. 이번 결과는 전국 감염률보다는 낮게 나왔으며, BQCV가 노제마와 연계되어 감염 된다는 보고(Allen과 Ball, 1996)가 있는데, 실험 결과 BQCV와 노제마의 복합감염이 33.3% 정도였다.

KBV 감염률은 2007년의 경우 전국적으로 16.3%, 경북은 12.5% (Yoo 등, 2007a), 2009년은 전국적으로

27.9%, 경북은 35.6%인데(Yoo와 Yoon, 2009), 이번 경북 동부지역은 29.2%를 나타내었다. 그 중 성충, 유충 각각 16.7%, 33.3%이며, 여름, 가을 각각 50%, 37.5%, 동양종 꿀벌에서는 46.7%의 수치를 나타내었다.

2009년 ABPV 감염률은 전국적으로는 0.9%, 경북 지역은 0%인데(Yoo와 Yoon, 2009), 이번 결과 역시 감염된 꿀벌은 없었다. 국내에서 ABPV의 감염은 아직까지는 미미하거나 밝혀지지 않았지만 유전적으로 높은 상동성을 가진 KBV와 Israeli acute paralysis virus의 감염이 꾸준히 보고되고 있으므로 앞으로는 더욱더 이 질병에 대해서도 주시하여야 한다.

2009년 CBPV 감염률은 전국적으로 5.6%, 경북 지역은 0%인데(Yoo와 Yoon, 2009), 이번 결과 역시 감염된 꿀벌은 없었다. CBPV는 마비를 일으키는 다른 바이러스들에 비하여 만성적 형태로 증세가 나아가며, 배설물 등을 이용하여 전염이 가능하기 때문에 봉군 전체에 힘들지 않게 감염을 확산시킬 수 있으므로(Ribière 등, 2002) 앞으로도 지속적인 모니터링을 통해 주시해야 하며 쉽고 빠른 조기 진단이 더욱 중요하다.

꿀벌의 세균성 질병 중에서 AFB의 감염률은 2009년 전국적으로 58.8%, 경북은 71.1%인데(Yoo와 Yoon, 2009), 이번 경북 동부지역의 감염률은 3개 지역 모두 감염되었으며 총 41.7%의 비교적 높은 수치를 나타내었다. 그 중 유충과 성충은 각각 50%, 38.9%, 여름과 가을 각각 50%, 75%, 동양종 꿀벌에서만 66.7%의 수치를 나타내었다. AFB는 현재 제 3종 가축전염병으로 분류되어 관리되고 있다.

EFB은 2009년 전국적으로 감염이 없었으나(Yoo와 Yoon, 2009), 이번 실험에서는 12.5%의 감염률을 나타내었다. 또한, 유충에서 16.7%를 나타냈고 여름, 가을에 각각 12.5%, 25%, 서양종 꿀벌에서만 20%의 감염률을 나타내었다. AFB와는 반대로 EFB는 특이하게 서양종 꿀벌에서만 감염을 나타내었다.

꿀벌의 진균성 질병 중에서 2009년 SB의 감염률은 전국적으로 24.9%, 경북지역은 26.7%인데(Yoo와 Yoon, 2009) 이번 경북 동부지역은 45.8%의 비교적 높은 감염률을 보였다. 그 중 성충과 유충 각각 83.3%, 33.3%이고, 봄, 여름, 가을 각각 14.3%, 50%, 75%, 동양종 꿀벌에서만 73.3%의 감염률을 나타냈다.

2009년 CB의 감염률은 전국적으로 12.9%, 경북지역은 17.8%인데(Yoo와 Yoon, 2009) 이번 경북 동부지역은 4.2%의 낮은 수치를 나타내었다. 그 중 유충에

서 5.6%, 봄에 14.3%, 동양종 꿀벌에서 6.7%의 감염을 보였다. 1986년부터 5년간 전국적으로 CB가 대발생하여 양봉산업을 많이 위축시켰고 지금도 양봉장에 따라서는 심각한 피해가 있으며, 2001년의 경우 62%의 높은 감염률을 보였지만(Lee 등, 2003) 현재는 예전에 비해서 감염률이 감소하였다.

꿀벌 기생충성 질병 중에서 2009년 *Nosema*의 감염률은 전국적으로 42.9%, 경북지역은 42.2%인데(Yoo와 Yoon, 2009), 이번 경북 동부지역은 33.3%로 나타났다. 그 중 성충과 유충 모두 33.3% 감염률을 나타내었고, 계절별로는 봄이 71.4%, 여름, 가을은 12.5%, 겨울은 100%로 다른 질병과 달리 겨울에도 감염이 나타났다. 동양종 꿀벌, 서양종 꿀벌 각각 6.7%, 77.8%로 서양종 꿀벌의 감염률이 높았다. 꿀벌 *Nosema* 포자는 바람이나 여러 종류의 꽃, 물, 곤충 등과 접촉하는 벌에 의해 전파된다. 따라서 계절별 감염률은 북미나 유럽에서 봄철에 감염률이 가장 높고 여름철에 현저하게 저하하는 현상을 보이며 특히 봉군이 약세일 때 이병은 폭발적으로 발병한다(Bailey, 1981). 이러한 이유로 2009년 전국적으로 아까시나무 개화기에 73%, 무밀기에 85%의 높은 감염률을 나타냈으며 봄철과 가을철에 발생이 증가하였고(Kim 등, 2010) 이번 결과도 봄에 감염률이 높게 나타난 것으로 보인다.

일반적으로 꿀벌은 한 가지 질병의 단독 감염보다는 복합 감염이 대부분이다. 이번 결과에서도 총 24개 봉군 중 15개 봉군(62.5%)이 2가지 이상의 질병에 감염되어 있었다. 꿀벌의 바이러스 질병은 단독 감염인 경우 양봉인들에 의해 그 증상이 거의 인지되지 않으므로 국내에서 바이러스 질병의 효과적인 방제가 이루어지기 위해서는 꿀벌의 바이러스에 관한 다양한 연구가 필요하다. 꿀벌응애가 DWV와 KBV에 감염된 꿀벌로부터 건강한 꿀벌로 수평 감염으로 바이러스를 옮겨주는 운반자 역할을 한다는 사실이 알려졌다(Chen 등, 2004). 수직 감염의 경우 꿀벌의 일생 중 꿀벌응애가 기생하지 않는 단계인 꿀벌의 알과 어린 유충에서 DWV가 검출되었고 이것이 여왕벌로부터 옮겨진 것이라는 사실이 증명되었다. 이러한 수평 및 수직 감염의 과정 중에 한 종류 이상의 바이러스를 매개하고 전파를 직접적으로 촉진하는 요인으로 꿀벌응애가 있으며 이것은 꿀벌의 생장에 맞추어 지속적이고 많은 꿀벌 바이러스의 복합 감염을 일으키며(Choi 등, 2008) 세균성 등 다른 질병의 복합 감염에도 관여한다고 생각된다.

꿀벌의 질병 중 특히 바이러스 질병은 감염 시 뚜

릿한 증상을 나타내지 않아 증상만으로 바이러스 질병을 구별하는 것은 매우 힘이 들어(Allen과 Ball, 1996) 더욱더 정확한 진단이 중요하다. 그리고 최근 연구에서 밝혀지고 있듯이 꿀벌응애가 봉군내부 또는 다른 벌통으로의 꿀벌 바이러스 질병 전파에 많은 역할을 하고 있다. 따라서 봉군 붕괴 및 꿀벌 실종 현상을 예방하기 위해 꿀벌응애의 방제가 가장 중요하며(Choi 등, 2008) 이를 통제하기 위한 효과적인 대책을 마련해야 할 것이다. 또한, 바이러스에 의해 약화된 봉군의 경우에는 AFB, EFB, *Nosema*, 기생성 응애, 진드기 등이 복합 감염되어서 양봉 산물의 생산성을 크게 저하시켜 그 피해가 확산 되는 것으로 보고 있다. 하지만 기존의 질병 진단은 직관과 경험에 의존했으며 그 결과, 항생제의 대량 사용과 항생제 내성 병원균의 발생으로 질병 치료가 더욱 힘들게 되었다(Yoo와 Yoon, 2009). 따라서 빠르고 정확한 진단으로 조기에 질병을 치료하면 약제의 오남용도 줄일 수 있다. 나아가 지속적인 모니터링을 통해 질병의 특징에 맞추어 사전 예방과 효과적인 차단을 실시한다면 생산성 향상을 유도해 고품질의 양봉산물을 얻을 수 있을 것이다.

결 론

2010년부터 2011년까지 경북 동부지역 꿀벌 중 총 24개 봉군에 대해 11가지 병원체를 PCR로 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 바이러스성 병원체인 SBV는 전국적인 유행으로 감염이 많이 증가해 이번 실험에서도 66.7%의 가장 높은 감염률을 나타내었고, 동양종 꿀벌에서는 100%의 감염이 확인되었다. 그 외, KBV는 29.2%, BQCV는 12.5%, DWV는 4.2%의 감염률을 나타내었으나, ABPV와 CBPV에 감염된 꿀벌은 확인되지 않았다. 세균성 병원체인 AFB는 41.7%, EFB는 12.5%의 감염률을 보였다. 진균성 병원체인 SB는 이번 실험 중 두 번째로 높은 45.8%의 감염률을 나타내었으나, CB는 4.2%의 낮은 수치를 보였다. 원충인 *Nosema*는 33.3%의 감염률을 나타내었다. 또한, 단독 감염보다는 복합 감염이 대부분으로 62.5%가 2종 이상의 병원체에 감염되어 있었다. 특히 바이러스 질병은 감염 시 뚜렷한 증상을 나타내지 않아 증상만으로 구별하는 것은 매우 힘이 들어 정확한 진단이 중요하다.

참 고 문 헌

- 이명렬, 우순옥, 홍인표, 한상미, 최용수. 2011. RDA Interrogang (꿀벌가의 가훈과 꿀벌산업의 가치). 농촌진흥청. 18: 1-20.
- Allen MF, Ball BV. 1996. The incidence and world distribution of the honey bee viruses. *Bee World* 77: 141-162.
- Bailey L. 1981. *Honey Bee Pathology*. Academic Press. London, United Kingdom.
- Benjeddou M, Leat N, Allsopp M, Davison S. 2001. Detection of Acute Bee Paralysis Virus and Black Queen Cell Virus from Honeybees by Reverse Transcriptase PCR. *Appl Env Microbiol* 67: 2384-2387.
- Chen Y, Pettis JS, Evans JD, Feldlaufer MF. 2004. Molecular evidence for transmission of kashmir bee virus in honey bee colonies by ectoparasitic mite, *Varroa destructor*. *Apidologie* 35: 441-448.
- Choi YS, Lee ML, Lee MY, Lee KG. 2008. Detection of Seven Bee Viruses from *Varroa destructor* Mite. *Korean J Apiculture* 23: 171-176.
- Ha JS, Lee HM, Kim DS, Lim YK, Yoon BS. 2005. A PCR detection method of *Melissococcus pluton* for rapid identification of European foulbrood. *Korean J Apiculture* 20: 9-18.
- Kim HK, Choi YS, Lee ML, Lee MY, Lee KG, Ahn NH. 2008. Detection of sacbrood virus (SBV) from the honeybee in Korea. *Korean J Apiculture* 23: 103-109.
- Kim NS, Lee MY, Hong IP, Choi YS, Kim HK, Lee ML, Lee KG. 2010. Prevalence of honey bee (*Apis mellifera*) *Nosema* disease by season in Korea. *Korean J Apiculture* 25: 25-29.
- Lee HM, Lee DB, Han SH, Lee ML, Lim YK, Yoon BS. 2005a. Identification of deformed wing virus from the honeybee in Korea and establishment of PCR detection method. *Korean J Apiculture* 20: 85-94.
- Lee HM, Lee DB, Han SH, Nam SH, Lim YK, Yoon BS. 2005b. Rapid identification of *Ascosphaera apis* causing chalkbrood disease in honeybee by real-time PCR. *Korean J Apiculture* 20: 109-116.
- Lee ML, Nam SH, Kim YS, Lee MY, Chang SJ. 2003. Status on the infection and control measures of honeybee chalkbrood in Korea. *Korean J Apiculture* 18: 127-130.
- Lee MY, Hong IP, Choi YS, Kim NS, Kim HK, Lee KG, Lee ML. 2010. Present status of Korean beekeeping industry. *Korean J Apiculture* 25: 137-144.
- Oldroyd BP. 2007. What's killing American honey bees? *PLoS Biol* 5: 1195-1199.
- Ribière M, Triboulot C, Mathieu L, Aurières C, Faucon JP, Pépin M. 2002. Molecular diagnostic of chronic bee paralysis virus infection. *Apidologie* 33: 339-351.
- Stoltz D, Shen XR, Boggis C, Sisson G. 1995. Molecular diagnosis of Kashmir bee virus infection. *J Api Res* 34: 153-160.
- Yoo MS, Kim EH, Kang MH, Han SH, Kwon SH, Yoon BS.

- 2007a. Detection of Kashmir bee virus (KBV) from honeybees in Korean apiaries and investigation on molecular biology. *Korean J Apiculture* 22: 32-42.
- Yoo MS, Lee DW, Kim IW, Kim DS, Kwon SH, Lim YG, Yoon BS. 2007b. Identification of black queen cell virus from the honeybee in Korea. *Korean J Apiculture* 22: 43-52.
- Yoo MS, Yoon BS. 2009. Incidence of honeybee disease in Korea 2009. *Korean J Apiculture* 24: 273-278.