



국내 산란계의 주요 전염성 질병에 대한 혈청학적 모니터링

민봉철¹ · Lai Van Dam¹ · 김강산¹ · 김태식¹ · 손주성¹ · 모인필^{2*}

¹충북대학교 수의학과 학생, ²충북대학교 수의학과 교수

Serological Monitoring of Major Infectious Diseases in the Domestic Layers

Bong Chul Min¹, Lai Van Dam¹, Kang San Kim¹, Tae Sik Kim¹,
 Joo Sung Son¹ and In Pil Mo^{2*}

¹Student, Department of Veterinary Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Republic of Korea,

²Professor, Department of Veterinary Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Republic of Korea

ABSTRACT Serological monitoring has been conducted worldwide for early diagnosis of disease and monitoring of immune status in poultry. This study was conducted to evaluate the immune status of layers with sera submitted to the Avian Disease Laboratory, Chungbuk National University from 2015 to 2017. The test results were analyzed by the time submitted and by the age of the chicks. Low pathogenic avian influenza (LPAI) showed a low positive rate of antibody compared with those of Newcastle disease, indicating that domestic vaccination against LPAI was not sufficient. The antibody profile of infectious bronchitis (IB) depicted high level of titer and a low tendency of CV as compared to the uninfected control flocks, which indicated that most layer farms have been exposed to the field IB virus. In case of avian metapneumovirus infection (aMPV) and *Mycoplasma synoviae* (MS), since the introduction of the vaccine in 2011 and 2017, respectively, the positive rate and the titer level were higher than those in previous times. No significant difference in the changes of seasonal result was observed, indicating proper vaccination and improvement in biosecurity and management.

(Key words: early diagnosis, immune status, layers, serological monitoring)

서론

2018년 3분기 통계청자료에 따르면 산란계 사육 농가수는 982농가, 사육 수수는 약 7,122만 수로 2015년 1분기 1,165농가, 사육 수수 약 6,887만 수에 비교하여 농가 수는 약 15% 감소, 사육 수수는 약 3% 증가한 것으로 나타났으며, 농가당 평균 사육 수수는 2015년 1분기 약 62,500수에서 2018년 3분기 약 68,900수로 약 10% 증가하였다(http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/8/1/index.board?bmode=read&aSeq=334962; http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/8/1/index.board?bmode=read&aSeq=371136). 이와 같은 통계를 통해 최근 산란계 농가의 대형화 추세를 확인할 수 있다. 대단위 cage에서 사육되는 산란계의 경우 전염성 질병의 전파가 빠르며, 막대한 경제적 손실을 초래할 수 있다. 현대 양계에서 각종 질병의 면역 상태를 계군 별로 평가하고 진단하는 것은 농가의 질병 예방과 생산성 향상에 매우 중요하다. 산란계에 영향

을 미치는 전염성 질병들은 다양하게 존재한다. 그중에서도 산란율에 영향을 미치는 질병들은 더욱 중요하다. 산란율의 감소를 유발하는 질병으로는 뉴캐슬병(Newcastle disease; ND), 전염성기관지염(infectious bronchitis; IB), 저병원성 조류인플루엔자(low pathogenic avian influenza; LPAI), 산란저하증후군(egg drop syndrome; EDS), 조류백혈병(lymphoid leukosis; LL), 닭뇌척수염(avian encephalomyelitis; AE), 전염성 후두기관지염(infectious laryngotracheitis; ILT), 계두(fowl pox; FP), 추백리(pullorum disease; PD), 닭마이코플라즈마병(avian mycoplasmosis), 가금티푸스(fowl typhoid; FT), 가금콜레라(fowl cholera; FC) 등이 있다(Park et al., 2005). 이러한 질병들은 산란계 농장의 경제적 피해를 줄 수 있는 질병으로 조류백혈병, 추백리, 가금콜레라를 제외한 질병들은 국내에서 예방백신이 상용화되어 있다. 이러한 질병에 대한 혈청 검사는 백신 접종 이후 야외감염에 대한 방어능이 형성되어 있는지를 평가할 수 있고, 정기적인 검사를 통

* To whom correspondence should be addressed : moip@cbu.ac.kr

해 조기에 질병감염을 진단할 수 있다.

산란율이 저하되는 질병뿐만 아니라 닭의 면역계에 이상을 일으키는 면역 억제성 질병들은 닭의 항병력을 저하시켜 여러 전염성 질병의 감염이 용이해지고 농장의 생산성 저하를 야기함으로써 이러한 질병의 모니터링 역시 중요하다. 산란계에서 면역력을 억제하는 대표적인 질병으로 전염성F낭병(infectious bursal disease; IBD)과 닭전염성빈혈증(chicken infectious anemia; CIA)을 들 수 있다. IBD가 호발하는 감수성 시기는 3~6주령이고, CIA가 호발하는 감수성 시기는 3주령 이하이다. 따라서 이 질병들은 산란기에 임상증상을 나타내지는 않지만, 면역기관의 기능을 저하시켜 백신의 효능을 감소시킬 수 있다(Kibenge et al., 1988). 또한, IBD는 부화 후 일정기간 모계로부터 전달된 모체이행항체의 수준에 따라 생독백신 접종시 효과의 차이를 나타내므로 IBD 백신 전 모체이행항체의 수준을 확인하여 백신 일정을 수립하는 것이 중요하다(Naqi et al., 1983; Berg and Meulemans, 1991; Hair-Bejo et al., 2004). CIA의 경우 SPF(specific pathogen free)닭에 감염되었을 때 생산되는 계란의 오염으로 백신을 생산할 수 없는 등 SPF산업 및 백신산업에 많은 피해를 야기할 수 있는 중요한 질병이다(Miller and Schat, 2004).

양계산업에서의 혈청검사는 각 질병에 대한 혈청학적 역학조사와 특정 계군에 대한 모니터링으로 구분할 수 있으며, 일반적으로 특정 질병에 대한 혈청학적 조사들이 수행되어 왔다. 국내에서 주로 발생했던 LPAI H9N2형에 대해서는 주령에 따라 역가 확인을 통해 산란을 저하 등의 임상증상과 연계하여 상관관계를 규명한 바 있다(Naeem et al., 2003; Numan et al., 2005a; Woo et al., 2008). 이외에도 다양한 가금질병에 대한 혈청검사 연구가 이루어져 왔다. 예를 들어 ND 바이러스에 대한 항체의 유병률 및 분포조사(Numan et al., 2005b; Kite et al., 2007), 육계 및 산란계에서의 전염성 기관지염바이러스의 항체역가 측정, Avian metapneumovirus(aMPV)의 산란계 주령에 따른 항체가 조사(So et al., 2018)와 혈청검사를 통한 야외감염의 가능성 제시(Kang et al., 2014), EDS'76에 대한 종계와 실용계의 혈청학적 역가 수치(Badar et al., 2006), 육용종계에서의 MS 항체 및 유전자양성률(Kwak et al., 2016) 등에 대한 보고가 있었다.

이전의 국내 양계산업에서의 혈청검사는 종계에서 이루어진 것이 대부분이며, 주로 난계대 전염 가능성이 있는 질병에 대하여 조사가 이루어졌다(Kwon et al., 2010). 초기의 산란계의 혈청학적 검사의 경우에는 주로 양성, 음성 여부에 대한 평가가 이루어졌으나(Kim et al., 2007; Song et al.,

2009), 최근 산란계에 대한 인식이 높아지며 산란계 농장에 대한 혈청학적 검사도 보고된 바 있다(Lee et al., 2010). 산란계 계군은 국내 양계산업에 큰 비중을 차지하고 있기에 산란계 계군에 대한 지속적이고 광범위한 모니터링은 그 중요성이 더해지는 실정이다.

본 연구에서는 2015년~2017년까지 충북대 수의과대학 조류질병학 실험실에 의뢰된 혈청검사건 중 산란계 농장에 주요 혈청검사대상질병 8가지에 대해 결과를 분석하였다. 분석대상질병은 혈청검사를 정기적으로 의뢰하거나 의뢰건수가 많은 주요 질병인 LPAI, ND, IB, EDS'76, CIA, aMPV, IBD, MS의 8가지로 한정하였다. 검사결과는 산란계의 성장기와 산란기를 고려하여 주령별로 구간을 나눈 분석을 하였고, 4계절이 뚜렷한 우리나라의 기후를 고려하여 산란계의 계절별 항체역가의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 분석농가선정 및 분류

본 연구는 충북대 수의과대학 조류질병학 실험실에 2015년 1월부터 2017년 12월까지 36개월 동안 의뢰된 혈청검사건 중 산란계 532농가, 11,218개의 혈청검사 건수를 분석한 결과로 이는 2018년 3분기 통계상의 수치인 982개의 산란계 농장수를 기준으로 54.17%에 해당하는 농가의 혈청검사결과이다. 육성기와 산란기를 고려한 주령의 구분은 모체이행항체기인 0~10일령(0~1.5주령), 모체이행항체소실기인 1.5~3주령, 산란계 육성기 중 일반적으로 육성사에서 산란사로 이동을 하는 10주령을 기준으로 3~10주령을 육성전반기, 10~20주령까지를 육성 후반기로 구분하고, 이후 산란기는 10주 단위로 구분하였다. LPAI, ND, IB에 대해서는 백신을 접종하고, 야외감염이 없이 정기적인 검사를 진행했던 농장의 결과를 비교 샘플로 선정하여 분석하였다. 계절에 따른 혈청학적 결과의 변화를 확인하기 위해 2015년 1월부터 2017년 12월까지 의뢰된 샘플을 3개월 단위로 구분하여 3월~5월까지 의뢰된 결과는 봄, 6월~8월까지의 결과는 여름, 9월~11월까지의 결과는 가을, 12월~다음 년도 2월까지의 결과는 겨울로 분류하여 분석하였다.

2. 혈구응집억제반응(Haemagglutination Inhibition Test; HI Test)

AI, ND, EDS '76의 항체역가 검사는 OIE Diagnostic Manual(https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_stand

ards/tahm/3.03.04_AI.pdf)에 따라 HI test를 통해 확인하였다. 4 HA unit에 사용된 AI항원은 국내 분리주인 A/CK/Kor/01310/2001이며, ND의 항원은 La Sota이고, EDS '76의 항원은 진단액의 응집 항원(대성미생물연구소, 경기도)을 사용하였다. Phosphate buffered saline(PBS)을 0.025 mL씩 분주한 V-bottomed microplate(96-wells)에 혈청을 2진 희석하였으며, 항원은 4 HA unit을 0.025 mL씩 각각 첨가하고, 1% 닭적혈구 부유액을 0.025 mL씩 각각 첨가하여 반응시킨 후 그 결과값을 log2값으로 산출하여 측정하였다.

3. 효소면역법(Enzyme-linked Immunosorbent Assay; ELISA)

IB, aMPV, IBD, CIA, MS는 모두 IDEXX사의 ELISA kit (Maine, USA)를 이용하여 검사하였으며, 실험방법은 제조사의 사용설명서에 따라 진행하였다. 요약하면 다음과 같다. 항원이 코팅된 plate에 희석된 혈청을 분주하여 반응시킨 후 세척하고 HRPO(horseradish peroxidase) conjugate를 분주하여 반응시킨 후 세척하고, TMB(tetramethylbenzidine) substrate를 첨가한 후 stop solution을 첨가한 뒤 흡광도를 조사하였다.

4. 통계

본 연구에서는 각 농장에서 의뢰된 혈청검사의 항체역가 결과를 분석하기 위하여 기하평균역가(Geometric Mean Titer; GMT), 변이계수(Coefficient of Variation; CV), 표준편차(Standard Deviation; SD)를 사용하였다. GMT값은 각 농가의 10개 내외의 혈청결과에 대한 각각의 역가를 곱한 값의 제곱근을 말하고, CV값은 SD값을 평균역가로 나눈 %값이며, SD값은 혈청검사의 결과값이 평균으로부터 얼마나 떨어져서 흩어져 있는지를 나타내는 값이다. 이러한 통계값을 비교하면 혈청검사 성적을 유용하게 평가할 수 있다(Reed et al., 2002).

결 과

1. 저병원성 조류인플루엔자(LPAI)

2015년 1월부터 2017년 12월까지 의뢰된 농장의 LPAI 항체 양성률은 0~1.5주령 모체이행항체기에서 82.1%의 양성률을 나타내었고, 1.5~3주령에서 50%로 감소하다가 다시 증가하여 3~10주령에서는 63.5%, 10~20주령에서는 88%, 산란이 시작되는 20~30주령 구간에서는 95.6%로 높은 양성률을 보였으며, 이후 30~40주령 구간에 90.2%로 감소 후,

이후 후기까지 80% 이상을 유지하는 경향을 나타내었다 (Table 1).

LPAI 혈청검사 결과분석을 위하여 LPAI 야외감염이 발생하지 않고 지속적으로 혈청검사 모니터링을 진행한 L농장을 기준으로 하였다. L농장은 3년간 총 188회 검사를 의뢰하였고, LPAI사독주사백신을 5~7주령, 10~13주령 기간 중에 2회 실시하였다. L농장의 검사결과를 종합하면 계군의 전 기간 동안 100%의 항체 양성률을 보였다. HI GMT는 1.5~3주령 3.35, 3~10주령 4.73을 나타내었고, 10주령 이후부터는 대부분 GMT 5 내외의 항체수준을 나타내었다. CV값은 10주령까지 40~50% 수준을 보이다 이후에는 20% 내외로 감소하는 경향을 보였고, SD값은 전구간 2 이내를 나타내었다.

L농장을 제외한 나머지 산란계농장 중 항체양성 계군의 모체이행항체의 수준은 평균 GMT 3.18, SD 2.11, CV 137%의 다소 불균일한 역가분포를 나타내었고, 이후 GMT는 3주령까지 감소 이후 증가하여 육성중반 이후인 10~20주령부터 평균 GMT는 3.5~4.83 사이의 일정한 수준을 유지하였으며, CV값도 50%대로 감소 이후 후기까지 33~44% 수준을 유지하였다(Fig. 1).

계절적인 변화를 살펴보면 LPAI 양성률은 봄철 87.2%, 여름철 83.1%, 가을철 79.4%, 겨울철 85.4%를 나타내었고 (Table 2), 양성계군의 HI titer GMT값은 봄부터 겨울까지 4.2~4.32의 분포를 나타내었다. CV값은 봄철 76.22%로 가장 높았고 가을철 65.43%로 가장 낮은 수치를 나타내었으며, SD값은 1.55~1.64의 적은 편차를 나타내었다. 양성률에서는 7.8%의 편차를 보였지만 GMT, SD값을 비교할 때 큰 차이는 없는 것으로 확인되었다(Table 3).

2. 뉴캐슬병(ND)

2015년 1월부터 2017년 12월까지 의뢰된 농장의 ND 항체 양성률을 살펴보면 모체이행항체기인 0~1.5주령에서 100% 양성률을 나타낸 이후 1.5~30주령 구간에서는 98.7~99.9%의 양성률을 나타내었고, 이후 구간에서는 100%의 계군 양성률을 나타내었다.

ND 역시 검사결과를 비교할 수 있는 기준을 수립하기 위하여 야외감염이 발생하지 않고, 지속적으로 혈청검사 모니터링을 진행한 A농장을 기준으로 삼고, 그 계군에 대한 결과를 정리하였다.

A농장은 3년간 총 125회 검사를 의뢰하였고, ND 백신접종은 1일령, 8일령 각각 생독 분무, 13일령 사독피하주사, 30일령 생독 분무, 56일령, 90일령 각각 사독근육주사를 실시하

Table 1. Comparison of age-related positive rate against the selected diseases for layer flocks monitored from 2015 to 2017

Diseases	No. flock positive/no. flock tested (%)									
	0~1.5 wks ¹	1.5~3 wks	3~10 wks	10~20 wks	20~30 wks	30~40 wks	40~50 wks	50~60 wks	60~70 wks	Over 70 wks
LPAI	349/425 (82.1)	63/126 (50)	315/496 (63.5)	1,043/1,185 (88)	526/550 (95.6)	157/174 (90.2)	89/107 (83.1)	67/78 (85.8)	49/52 (94.2)	49/49 (100)
ND	483/483 (100)	123/124 (99.2)	521/528 (98.7)	1,183/1,184 (99.9)	547/548 (99.8)	179/179 (100)	116/116 (100)	82/82 (100)	52/52 (100)	50/50 (100)
IB	354/410 (86.3)	75/124 (60.5)	446/483 (92.3)	1,051/1,063 (98.9)	493/494 (99.8)	148/148 (100)	86/86 (100)	65/66 (98.5)	45/45 (100)	34/35 (97.1)
aMPV	48/85 (56.5)	20/29 (69)	70/139 (50.4)	281/390 (72.1)	195/205 (95.1)	51/52 (98.1)	22/22 (100)	9/9 (100)	8/8 (100)	7/8 (87.5)
EDS'76	10/14 (71.4)	2/4 (50)	38/65 (58.5)	178/239 (74.5)	76/83 (91.6)	22/23 (95.7)	15/15 (100)	16/16 (100)	9/9 (100)	18/18 (100)
IBD	17/19 (89.5)	3/4 (75)	33/33 (100)	2/2 (100)	1/1 (100)	0/0	2/2 (100)	0/0	0/0	0/0
CIA	2/11 (18.2)	1/1 (100)	22/25 (88)	0/1 (0)	0/0	0/0	1/1 (100)	0/0	0/0	0/0
MS	36/108 (33.3)	6/13 (46.2)	17/61 (27.9)	39/61 (63.9)	18/19 (94.7)	2/2 (100)	0/3 (0)	1/1 (100)	1/1 (100)	0/1 (0)

LPAI, low pathogenic avian influenza; ND, Newcastle disease; IB, infectious bronchitis; aMPV, avian metapneumovirus infection; EDS'76, Egg drop syndrome'76; IBD, infectious bursal disease; CIA, chicken infectious anemia; MS, *Mycoplasma synoviae*.

¹ The age range in weeks old.

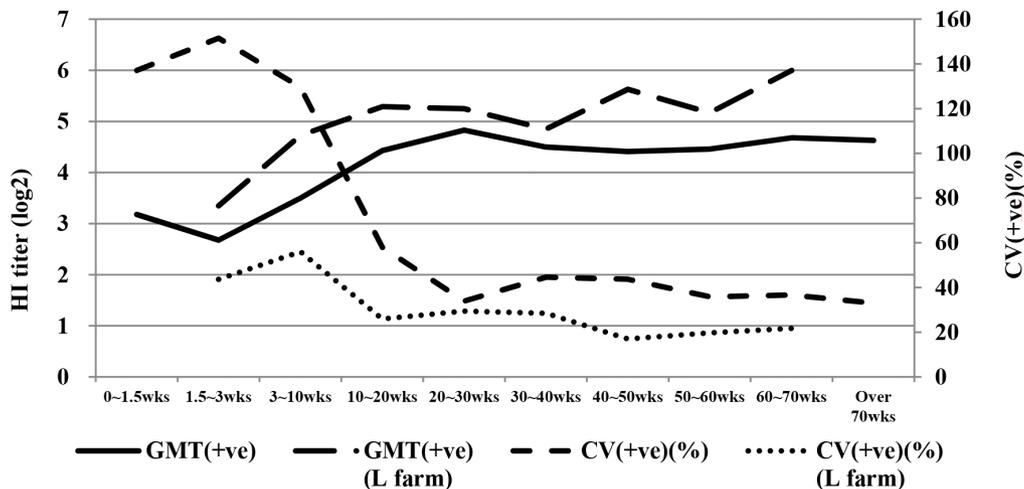


Fig. 1. Changes in the geometric mean titers (GMT), the coefficient of variation (CV) of specific antibodies against low pathogenic avian influenza virus in the sera of the reference farm (L farm) and total positive farms monitored from January 2015 to December 2017.

였다. A농장의 결과를 살펴보면 모든 구간에서 항체양성을 나타내었고, HI GMT값은 4~7의 분포를 나타내었으며, 육성 후반인 10~20주령에 GMT 7.53의 가장 높은 값을 보였고, 이후 점진적으로 감소하는 경향을 확인하였다. 육성후반 10~20주령 CV값은 12.73%까지 감소 후 산란이 시작되어 산란

율이 증가하는 20~30주령에는 22.3%으로 증가하였고 이후 산란 후기까지 30%까지 점진적으로 증가하였다. SD값은 3~10주령 4.07로 증가 후 1~2 사이의 수준을 유지하였다.

A농장을 제외한 나머지 산란계농장 중 항체양성계군의 결과를 살펴보면 모체이행항체수준은 GMT 6.3, CV 28.54%이

Table 2. Comparison of season-related positive rate against the selected diseases for layer flocks monitored from 2015 to 2017

Disease	No. flock positive/no. flock tested (%)							
	LPAI ^a	ND ^b	IB ^c	aMPV ^d	EDS'76 ^e	IBD ^f	CIA ^g	MS ^h
Spring	731/838(87.2)	830/833(99.6)	742/776(95.6)	191/234(78.6)	107/118(90.7)	18/18(100)	8/13(61.5)	23/59(39)
Summer	672/809(83.1)	815/816(99.9)	697/740(94.2)	188/236(79.7)	93/117(79.5)	15/16(93.8)	5/5(100)	52/94(55.3)
Fall	763/961(79.4)	958/964(99.4)	825/874(94.4)	169/264(64)	108/155(69.7)	8/8(100)	4/5(80)	24/62(38.7)
Winter	540/632(85.4)	608/608(100)	533/564(94.5)	163/204(79.9)	76/96(79.2)	17/19(89.5)	9/16(56.3)	21/55(38.2)

LPAI, low pathogenic avian influenza; ND, Newcastle disease; IB, infectious bronchitis; aMPV, avian metapneumovirus infection; EDS'76, egg drop syndrome' 76; IBD, infectious bursal disease; CIA, chicken infectious anemia; MS, *Mycoplasma synoviae*.

Table 3. Comparison of seasonal serological changes against the selected diseases in the layer monitored from 2015 to 2017

Disease	Geometric mean antibody titer ± Standard deviation							
	LPAI ^a	ND ^b	IB ^c	aMPV ^d	EDS'76 ^e	IBD ^f	CIA ^g	MS ^h
Spring	4.22±1.64	6.63±1.32	3,548.17 ±2,227.77	8,108.05 ±6,771.51	4.34±1.34	7,253.00 ±4,144.45	2,094.39 ±2,529.40	4,896.20 ±3,756.45
Summer	4.32±1.64	6.81±1.35	3,412.69 ±2,100.60	7,999.45 ±5,293.14	4.68±1.48	4,329.65 ±1,707.67	1,766.67 ±2,170.61	4,602.74 ±3,265.55
Fall	4.29±1.59	6.66±1.34	3,409.63 ±2,107.12	6,547.02 ±6,841.00	4.21±1.48	6,737.37 ±2,561.37	1,731.31 ±1,650.40	4,247.52 ±3,803.97
Winter	4.20±1.55	6.61±1.34	3,682.74 ±1,990.03	7,137.51 ±5,997.39	3.96±1.41	6,024.10 ±3,106.38	1,744.85 ±1,715.69	5,146.29 ±3,013.63

LPAI, low pathogenic avian influenza; ND, Newcastle disease; IB, infectious bronchitis; aMPV, avian metapneumovirus infection; EDS'76, egg drop syndrome' 76; IBD, infectious bursal disease; CIA, chicken infectious anemia; MS, *Mycoplasma synoviae*.

며, 1.5~3주령 구간에서 GMT 값이 4.95로 낮아졌으나, 이후 증가하여, 20~30주령 구간에서 GMT 값은 7.23까지 상승하였다. 이후 30주령부터 GMT 값은 6.4에서 6.9을 유지하였으며, CV도 17~22%로 유지되었다(Fig. 2).

계절적인 변화를 살펴보면 ND 양성률은 99.4%인 가을철과 100%인 겨울철까지 모두 높은 양성률을 나타내었고, 양성계군의 HI titer GMT 값은 봄부터 겨울까지 6.61~6.81의 분포로 큰 차이는 나타나지 않았다. CV 값 역시 23.63~24.14%의 분포를 나타내었고, SD 값은 1.32~1.35의 적은 편차를 나타내었다. 모든 수치에서 큰 차이는 없는 것을 확인하였다.

3. 전염성 기관지염(IB)

IB는 IDEXX사의 ELISA kit를 사용하였다. 제조사의 양성기준역가는 396이고, 농가에서 의뢰된 혈청검사 역가결과를 종합한 GMT 값이 396 이상인 결과를 계군의 양성으로

판정하였다.

2015년 1월부터 2017년 12월까지 의뢰된 농장의 IB 항체 양성률을 살펴보면 모체이행항체기인 0~1.5주령에서 86.3%, 모체이행항체소실기인 1.5~3주령에서 60.5%로 감소 후 3~10주령 92.3%로 증가하였고, 30~50주령 100%의 양성률을 나타내었으며, 이후 97% 이상의 양성률을 유지하였다.

IB 역시 검사결과를 비교할 수 있는 기준을 수립하기 위하여 야외감염이 발생하지 않고 지속적으로 혈청검사 모니터링을 진행한 C농장을 기준으로 삼고, 그 계군에 대한 결과를 정리하였다. C농장의 총 의뢰된 검사회수는 152회이고, 40주령까지 의뢰하였다. IB 백신은 8일령 분무, 13일령 피하주사, 30일령 분무, 56일령, 90일령 근육주사를 실시하였다. C농장의 결과를 살펴보면 모체이행항체기인 0~1.5주령 78.1%의 양성률을 보였고, 1.5~3주령 구간 양성률은 59.2%로 감소 후 점진적으로 증가하여 20주령 이후에는 100%의 양성률을 나타내었다. 양성계군의 GMT 값은 0~1.5

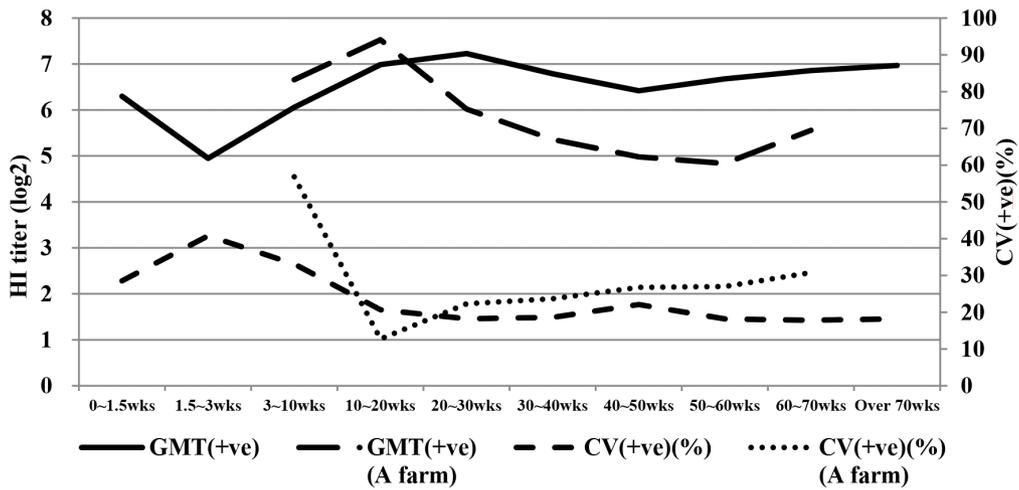


Fig. 2. Changes in the geometric mean titers (GMT), the coefficient of variation (CV) of specific antibodies against Newcastle disease virus in the sera of the reference farm (A farm) and total positive farms monitored from January 2015 to December 2017.

주령에서 2,312.47, 1.5~3주령에는 GMT 1,780.69의 가장 낮은 값을 보였고 이후 점진적으로 증가하는 경향을 확인하였다. 육성전반 3~10주령의 CV값은 60.78%로 가장 높았고 이후 50% 수준의 CV값을 유지하는 경향을 보였다. SD값은 1,900 전후의 분포를 나타내었다.

C농장을 제외한 산란계농장 중 양성계군의 모체이행항체 수준은 GMT 2,454.89, CV 56.64%, SD 1,797.22이며, 1.5~3주령 구간에서 GMT값이 2,189.65로 낮아졌으나, 이후 점진적으로 증가하여 20주령 이후 4,000 이상을 유지하는 경향을 나타내었다. CV 값은 1.5~3주령 구간까지 56.83%의 수준에서 점진적으로 감소하여 20~30주령 46.84%를 나타내

었고, 이후 비슷한 수준을 유지하였다(Fig. 3).

계절적인 변화를 살펴보면 IB 양성률은 4계절 동안 94.2~95.6%의 분포를 나타내었고, 양성계군의 ELISA titer GMT 값은 3,409.63~3,682.74의 분포를 나타내었다. CV값은 48.46~52.08%의 분포를 나타내었고, SD값은 1,990.03~2,227.77의 분포를 나타내었다. 모든 수치에서 큰 차이는 없는 것을 확인하였다.

4. 조류메타뉴모바이러스감염증(aMPV)

aMPV는 IDEXX사의 ELISA kit를 사용하였다. 제조사의 양성기준 역가는 396이고, 농가에서 의뢰된 혈청검사 역가

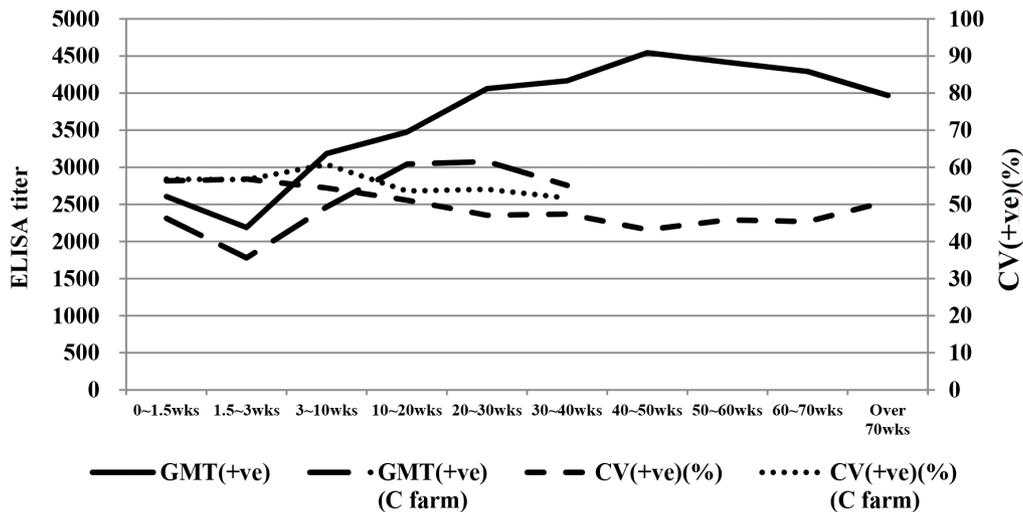


Fig. 3. Changes in the geometric mean titers (GMT), the coefficient of variation (CV) of specific antibodies against infectious bronchitis virus in the sera of the reference farm (C farm) and total positive farms monitored from January 2015 to December 2017.

결과를 종합한 GMT값이 396 이상인 결과를 계군의 양성으로 판정하였다. 항체역가의 변화를 파악하고자 주령 구간별 계군 양성률의 변화를 살펴보았다. 모체이행항체소실기인 0~1.5주령 구간에서는 56.5%, 모체이행항체소실기인 1.5~3주령 구간은 69%의 양성률을 보였으며, 3~10주령 구간에서는 50.4%로 감소하였고, 10~20주령 구간에서 72.1%로 상승 후 20~40주령에서 95% 이상의 양성률을 나타내었으며, 40~70주령 100%의 양성률을 보였고 노계도태시기인 70주령 이후 87% 수준으로 감소하는 양성률을 보였다. 양성계군의 GMT 값의 변화를 살펴보면 모체이행항체기의 GMT 값은 2,903.25이었다. 이후 1.5~3주령 구간에서 3,936.29로 증가하였고, 20~30주령에서는 8,136.73수준까지 증가한 이후 계속적으로 증가하여 60~70주령 13,081.52까지 증가하였다. CV값은 0~1.5주령 구간까지 76%의 수준을 보이다 점진적으로 감소하여 60~70주령 구간 41% 수준까지 감소하는 경향을 보였다. SD값은 육성초기인 3주령까지는 2,779.1~3,147.15의 편차를 보이다 육성후반인 10~20주령 7,054.63으로 증가하였고, 30~40주령 5,092.64로 감소하다 40~50주령에는 9,148.62로 증가하였다(Fig. 4).

계절적인 변화를 살펴보면 aMPV 양성률은 가을철이 64%로 가장 낮았고 나머지 3계절은 78.6~79.9%로 근소한 차이를 나타내었다. 양성계군의 ELISA titer GMT값은 6,547.02~8,108.05의 분포를 나타내었다. CV값은 58.85~66.27%의 분포를 나타내었고 SD값은 5,293.14~6,841의 분포를 나타내었다. 양성률에 차이는 있었지만 GMT, CV, SD값은 비슷

한 수준을 확인할 수 있었다.

5. 산란저하증후군'76(EDS'76)

EDS'76 HI항체는 0~1.5주령 구간의 계군양성률 71.4%를 나타내었고, 1.5~10주령 구간에서는 약 50%의 양성률을 보이다 10~20주령에는 74.5%로 증가하였고 20주령 이후는 90~100%의 계군 양성률을 나타내었다. 양성계군의 모체이행항체기의 GMT값은 3.2, CV 65.23%이며, 1.5~3주령 구간에서 CV값이 74.73%로 증가하였으나 이는 검사 의뢰건수가 작아 신뢰하기는 어려워 보였고 이후 CV는 40% 전후로 비교적 균일하게 유지되었고 SD 역시 1.3 전후의 균일한 수치를 나타내었다(Fig. 5).

계절적인 변화를 살펴보면 EDS'76의 양성률은 가을철 69.7%로 가장 낮은 양성률을 보였고, 봄철 90.7%의 가장 높은 양성률을 나타내었다. 양성계군의 HI titer GMT값은 봄부터 겨울까지 3.96~4.68의 분포로 큰 차이는 나타나지 않았다. CV값은 44.58~50.04%의 분포를 나타내었고, SD값은 1.34~1.48의 적은 편차를 나타내었다. 양성률에 차이는 있었지만 GMT, CV, SD값의 큰 차이는 없는 것을 확인하였다.

6. 전염성F낭병(IBD)

IBD는 IDEXX사의 ELISA kit를 사용하였다. 제조사의 양성기준역가는 396이고, 농가에서 의뢰된 혈청검사 역가 결과를 종합한 GMT값이 396 이상인 결과를 계군의 양성으로 판정하였다. IBD는 육성기 중 주로 3~6주령에 임상증상과

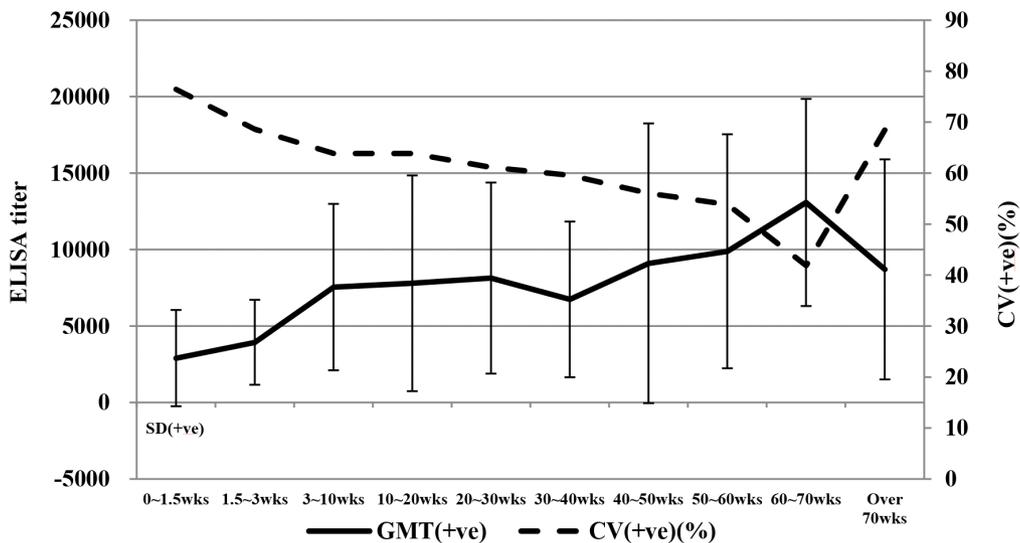


Fig. 4. Changes in the geometric mean titers (GMT), the coefficient of variation (CV), and the standard deviation (SD) of specific antibodies against avian metapneumovirus in the sera of the positive layer farms monitored from January 2015 to December 2017.

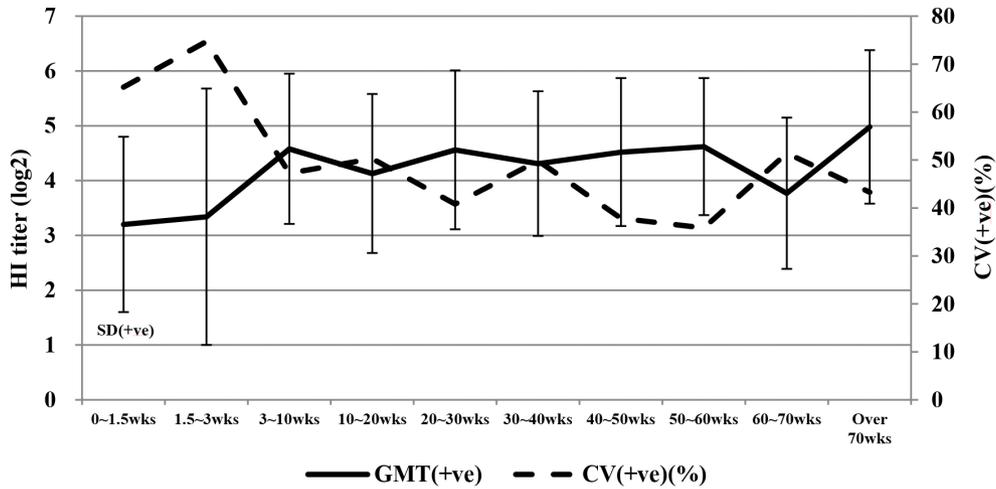


Fig. 5. Changes in the geometric mean titers (GMT), the coefficient of variation (CV), and the standard deviation (SD) of specific antibodies against egg drop syndrome'76 virus in the sera of the positive layer farms monitored from January 2015 to December 2017.

피해를 나타냄에 따라 혈청의뢰건 역시 10주령 이하의 의뢰가 많았고, 그 이후 의뢰는 건수가 많지 않아서 통계치를 신뢰할 수 없었다. 양성률을 살펴보면 0~1.5주령 구간 89.5%, 1.5~3주령 구간 75%의 양성률을 보였고, 3주령 이후의 계군은 모두 100%의 양성률을 보였다. 양성계군의 GMT값은 모체이행항체기인 0~1.5주령 구간 3,076.01을 나타낸 후, 1.5~3주령 2,803.97로 감소하였고 이후 3~10주령의 GMT는 7,666.45로 크게 증가하였다. CV값은 0~1.5주령 구간 49.78%로 시작하여 1.5~3주령 구간 57.92%로 증가 후 3~10주령 34.17%로 감소하였다(Fig. 6).

계절적인 변화를 살펴보면 IBD 양성률은 89.5~100%까지 대부분 높은 양성률을 보였다. 양성계군의 ELISA titer GMT 값은 4,329.65~7,253의 역가를 나타내었고 CV값은 33.2%~43.33%의 분포를 나타내었고, SD값은 1,707.67~4,144.45의 큰 편차를 나타내었으나, 3년간 의뢰된 샘플의 수가 61개로 많지 않아 신뢰할 수 있는 통계로 보기는 어려웠다.

7. 닭전염성빈혈증(CIA)

CIA는 IDEXX사의 ELISA kit를 사용하였다. 제조사의 설명에 따라 ELISA Titer값 1,000 이상을 양성으로 정하고, 농

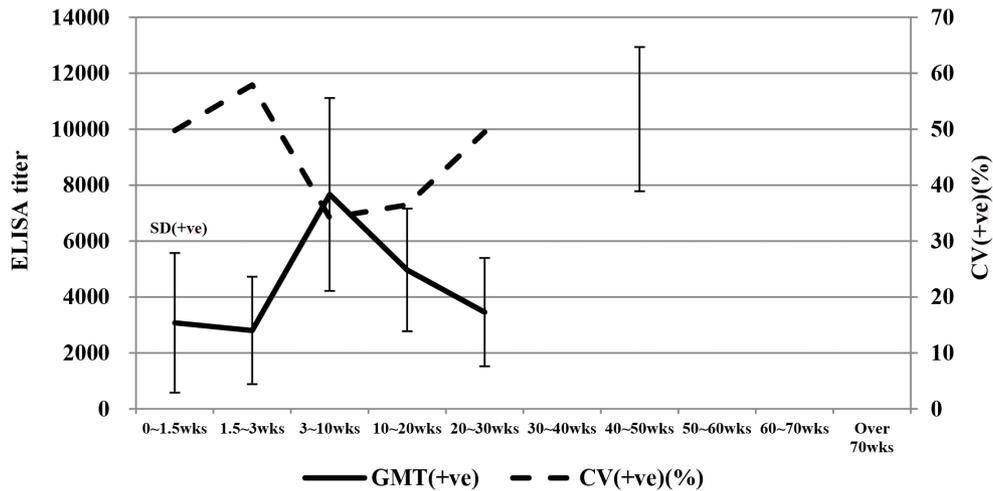


Fig. 6. Changes in the geometric mean titers (GMT), the coefficient of variation (CV), and the standard deviation (SD) of specific antibodies against infectious bursa disease virus in the sera of the positive layer farms monitored from January 2015 to December 2017.

가에서 의뢰된 혈청검사 역가 결과를 종합한 GMT값이 1,000 이상인 결과를 계군의 양성으로 판정하였다.

CIA는 주로 어린 일령에 의뢰되었고, 10주령까지의 결과를 살펴보면 계군 양성률은 0~1.5주령 구간 18.2%, 3~10주령 구간은 88%의 양성률을 나타내었다. 양성계군의 GMT값은 1,689.47~2,704.83의 분포를 보였고 CV는 73.27~79.56%의 분포를 나타내었다(Fig. 7).

계절적인 변화를 살펴보면 CIA 양성률은 56.3~100%의 분포를 나타내었지만 의뢰된 샘플의 수가 39건으로 적어서 유의미하다고 볼 수는 없었고, 양성계군의 ELISA titer GMT값은 1,731.31~2,094.39의 고른 역가를 나타내었다.

8. 마이코플라스마 마시노비에 감염증(MS)

MS는 IDEXX사의 ELISA kit를 사용하였다. 제조사의 양성기준역가는 1,076이고 농가에서 의뢰된 혈청검사 역가 결과를 종합한 GMT값이 1,076 이상인 결과를 계군의 양성으로 판정하였다.

2015년 1월부터 2017년 12월까지 의뢰된 농장의 MS 항체 양성률을 살펴보면 0~10주령까지 27.9~46.2%의 양성률을 나타내었고, 10~20주령 63.9%로 증가하였으며, 산란기인 20주령 이후에는 94.7~100%의 높은 양성률을 보였다.

MS의 경우, 국내 생독백신이 출시된 2017년 3월을 기준으로 전후의 역가를 비교해 보았다. 2017년 3월 이전의 양성률은 10주령까지 27.8~41.7%의 양성률을 보이다 10~20주령 62.7%로 증가 후 20~30주령 90.9%까지 상승하였다. GMT값은 2,500~6,000 사이의 분포를 나타내었고, CV값은 약 50~65%의 수준에서 30주령 이후 82.98%까지 증가하는

수치를 나타내었다. 2017년 3월 이후 결과를 살펴보면 양성률은 전체적으로 82~100%의 높은 양성률을 나타내었고, GMT값은 5,000~10,000 사이의 높은 역가를 나타내었다. CV값은 약 30~50% 사이로 2017년 3월 이전과 비교할 때 양성률과 GMT값은 전반적으로 증가한 반면 CV값은 감소된 경향을 확인하였다(Fig. 8).

계절적인 변화를 살펴보면 MS 양성률은 여름철 55.3%로 가장 높은 양성률을 보였고 나머지 3계절은 38.7~39%의 비슷한 양성률을 나타내었다. 양성계군의 ELISA titer GMT값은 4,247.52~5,146.29의 역가를 나타내었고, CV값은 52.28~59.94%의 분포를 나타내었으며, SD값은 3,013.63~3,803.97의 편차를 나타내었다. GMT, CV, SD값은 비슷한 수준을 보이며 큰 차이는 없었다.

고찰

본 연구는 2015년 1월부터 2017년 12월까지 3년간 충북대 수의과대학 조류질병학 실험실에 의뢰된 산란계의 혈청을 이용하여 산란계에 주요한 질병에 대한 혈청학적 검사를 진행하고 이를 분석하였다. 각 주요질병에 대하여 분석을 실시하였으며, 산란계의 주령과 계절에 따른 계군 양성률과 혈청역가의 변화를 확인하였고, 각 질병의 특성에 맞는 다양한 방법으로 혈청검사결과를 분석하였다.

ND는 전 주령에 걸쳐 계군 양성율이 거의 100%에 가깝게 형성되어 있으며, 높은 GMT 수준을 형성하고 있다. ND는 산란계에 감염되는 경우 그 경제적인 피해가 막대하기 때문에 뉴캐슬병방역실시요령(<https://www.lhca.or.kr/business/>

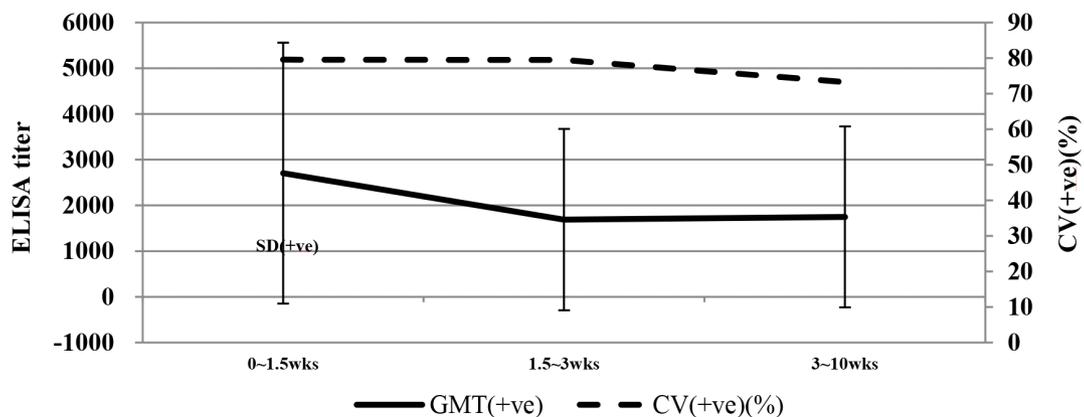


Fig. 7. Changes in the geometric mean titers (GMT), the coefficient of variation (CV), and the standard deviation (SD) of specific antibodies against chicken infectious anemia virus in the sera of the positive layer farms monitored from January 2015 to December 2017.

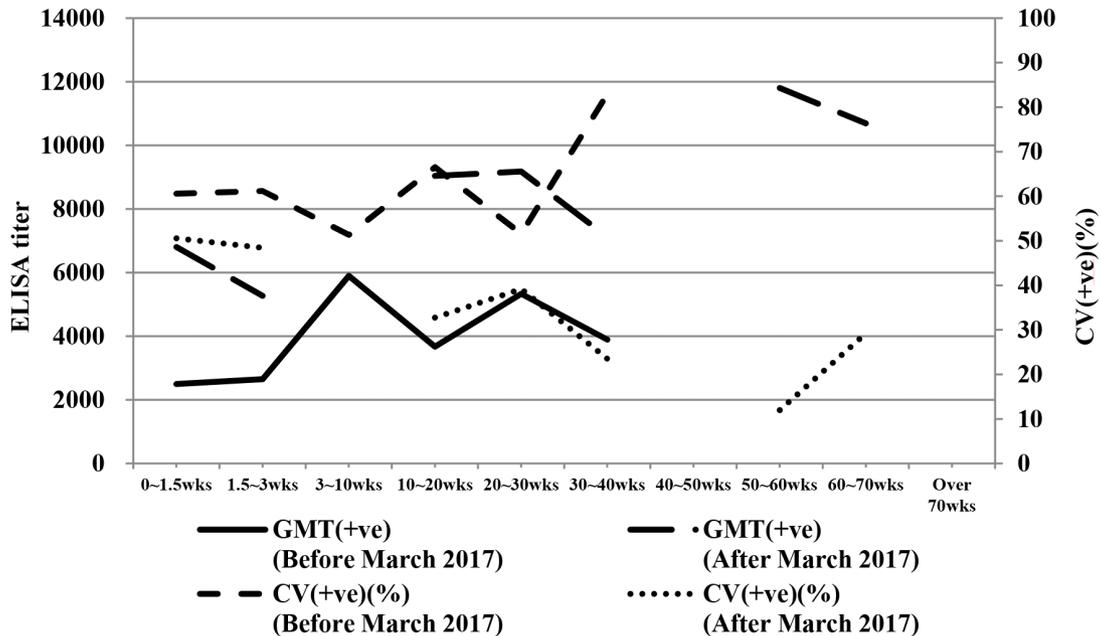


Fig. 8. Changes in the geometric mean titers (GMT), the coefficient of variation (CV) of specific antibodies against *Mycoplasma synoviae* in the sera of the positive layer flocks were monitored from January 2015 to February 2017 and from March 2017 to December 2017.

front/ncd/ncdView.do?boardNo=2308&boardId=ncd&page=1&schTp=&schTxt=)과 같은 국가적인 방역정책에 의해 1일령의 생독백신과 주기적인 생독 및 사독백신을 접종하고 있으며, 이로 인하여 높은 혈청역가수준이 유지되는 것으로 판단된다. 국내외도 유사한 경향이 보고된 바 있다(Song et al., 2000).

LPAI의 경우에는 70주령 이상을 제외하면 주령별 계군 양성율이 가장 낮은 경우 50%, 높은 경우 95.6%로 주령에 따른 계군 양성율의 차이가 다소 큰 것으로 확인되었다. LPAI에 대한 백신은 2007년에 허가되었으며, 현재는 사독백신만 개발되어 산란전 1~2회 정도 실시되고 있다(Lee et al., 2013). ND와 달리 LPAI는 생독백신이 개발되어 있지 않아 균일한 면역, 높은 항체를 유지하기 어려운 것으로 판단된다. 또한, ND의 경우 LPAI보다 병원성이 강하며 피해가 크기 때문에 농가에서의 인식에서도 차이가 있는 것으로 판단된다. 그러나, 한국은 야생조류에 의한 저병원성 조류 인플루엔자바이러스가 유입될 가능성이 높은 곳에 위치하며(Olsen et al., 2006), 야생조류에서의 저병원성 조류 인플루엔자가 보고되고 있기 때문에(Oh et al., 2018) 백신접종에 대한 농가의 의식고취가 필요할 것으로 보인다.

IB는 야외감염이 의심되는 2개 농장의 사례에서 첫번째 농장은 음성인 기준농가와 비교하였을 때 30~40주령 구간

GMT titer의 값이 기준농장 대비 약 3,700 정도 증가하였다. 반면 CV값은 13% 정도 감소된 경향을 보였는데, 이는 육성기백신에 의한 면역 형성 후 야외바이러스에 노출된 결과로 파악된다. 두 번째 농가의 경우 모체이행항체소실기까지인 0~3주령에서 GMT titer값이 기준농장대비 2,000정도 높은 경향을 보였고, 육성전반기인 3~10주령 구간 GMT값은 1,000 정도 높은 수준을 보이다 30주령 이후 다시 GMT 값은 2,000 정도 높은 수준을 나타내었다. 두 번째 사례 역시 전구간 CV값은 기준농장 대비 10% 정도 낮은 경향을 보였다. 이러한 역가 수준은 야외감염에 의한 역가 변화로 추정되며, Lee et al.(2010)에서도 기준 농가와 비교하였을 때, 야외감염이 의심되는 경우가 일부 농장에서 보고된 바 있다. 따라서 주기적인 혈청검사를 통해서 야외감염 여부를 파악하는 것이 중요하며, IB 바이러스의 혈청형은 다양하게 존재하기 때문에 각각의 혈청형과 동일한 바이러스 혈청형의 백신을 사용하여야 이상적인 효과를 얻을 수 있다(Cavanagh D, 2007). 또한 다른 주의 바이러스와 교차 방어율에 차이가 있기 때문에(Kim et al., 2013) 각 농장의 실정에 맞는 효과적인 백신프로그램을 적용하도록 해야 한다.

MS는 2017년에 국내 생독백신이 허용되었으며, 본 연구의 연구기간 동안 2017년도에 백신을 접종한 후 혈청검사가 이루어진 계군과 2017년도 이전의 야외감염에 의한 항체의

양성율을 보이는 계군으로 구분할 수 있다. 백신이 허용된 후의 계군은 의뢰 수가 적기 때문에 통계상의 오류가 있을 수 있으나, 백신 이전의 계군과 비교하였을 때 계군양성률이 높게 나타나며, 항체역가가 약 2,000 정도 상승한 것을 확인할 수 있다. MS백신은 백신 3주 후 백신역가가 형성되는 것으로 알려져 있으며(Jones et al., 2006), 본 결과의 역가 수준 상승은 백신에 의한 역가수준으로 추정할 수 있다. 아직 국내에서는 백신이 도입된 초기이므로 백신이 적용된 이후의 MS의 항체역가 변화수준을 지속적으로 모니터링할 필요가 있다.

2011년 12월 MSD에서 aMPV사독백신이 출시되었고, 용법상 14~20주령 주사를 권장하고 있으며, 현재 산란계농장에서는 육성후반기에 활발하게 백신을 적용하고 있다. Lee et al.(2010)에서는 3~10주령 20%, 40~60주령 100%의 양성률을 나타내며, 약 60주령까지 주령이 증가함에 따라 GMT Titer값이 증가함이 보고된 바 있다. 본 연구의 결과에서 육성 전반기에 50~60%, 10~20주령에 72.1%, 20주령 이후 95% 이상으로 과거와 비교할 때 더 높은 양성율이 지속되었다. GMT Titer 역시 3주령까지 2,000~3,000의 수준에서 점진적으로 증가하여 산란기인 20주령 이후에는 8,000 전후의 예전보다 높은 수준을 유지하는 경향을 나타내었다. 이는 백신접종에 의한 역가수준과 계군 양성율의 상승으로 판단된다.

IBD는 3주 이전의 어린 일령에서 감수성이 높기 때문에, 모체이행항체를 유지하기 위한 산란계의 역가형성이 중요하다(Saif, 2008). 또한 생독백신을 하는 경우 모체이행항체와 간섭작용을 하기 때문에 어린 일령에서의 항체검사가 중요하다(Naqi et al., 1983; Berg and Meulemans, 1991; Hair-Bejo et al., 2004). 본 연구조사에서는 3주령 이상인 경우 IBD 항체역가가 100%를 형성하고 있으며, 이로 인하여 0~1.5주령의 어린 일령에서 전반적인 IBD 모체이행항체가 높은 수준의 양성율을 보이는 것으로 판단된다.

CIA는 국내 및 해외에서 높은 야외감염율을 보이는 것으로 확인된 바 있다(Kim et al., 1991; Toro, 2006). 그러나 주로 종계나 육계에서의 연구가 진행되었으며(Kim et al., 2010), 산란계에서는 그 중요도가 다소 낮은 수준으로 정확한 백신내역을 확인하기 어려운 실정이다. 또한, 의뢰된 혈청검사 샘플 수도 다른 질병에 비하여 적은 수로 확인되나, CIA는 특별한 임상증상을 보이지 않으며, 면역억제를 야기하고 이는 2차 감염으로 이어져 큰 경제적 피해를 일으킬 수 있으므로(Adair et al., 2000) 본 조사와 같은 지속적인 관

찰이 필요할 것이다.

계절별 혈청학적 역가의 변화를 확인하여 보았을 때, 대부분의 질병에서 큰 차이를 나타내지 않는 것을 확인할 수 있었다. 이는 최근 양계농가들의 사양시설 현대화와 사양관리에 관한 관심도가 높아지면서 적절한 백신과 차단방역, 사양관리 수준 향상의 결과로 판단된다.

본 연구를 통하여 2015~2017년까지의 산란계에 영향을 미치는 여러 주요 질병에 대한 혈청역가 변화를 확인할 수 있었다. 이러한 혈청학적 조사 및 연구는 더 나아가 다양한 계종에서 지속적인 혈청학적 역가변화양상을 확인하는 방향으로 이어져야 할 것이다. 이러한 혈청학적 변화에 대한 분석을 통해 양계산업에서의 닭질병에 대한 유무와 면역수준을 확인할 수 있으며, 이는 양계산업의 생산성증대와 국가 방역정책에 대한 기여로 이어질 수 있을 것으로 판단된다.

적 요

본 연구에서는 국내 산란계의 주요 질병에 대한 면역상태 및 역가수준을 파악하기 위해 2015년부터 2017년까지 3년간 충북대 수의과대학 조류질병학 실험실에 의뢰된 산란계의 혈청을 성장기와 산란기를 고려하여 주령별로 구분하여 분석하였고, 계절에 따른 검사결과를 분석하였다. 검사대상 질병은 검사 의뢰건 수가 많고, 혈청검사 결과가 유의미한 질병인 LPAI, ND, IB, aMPV, EDS'76, IBD, CIA, MS로 한정하였다. AI와 ND의 경우 전체적인 GMT, CV의 양상은 비슷하게 진행되었다. 반면 LPAI의 경우 주령별 계군양성율이 불균일하고 편차가 최대 약 50%의 큰 차이를 보였지만 ND의 경우 균일한 양성률을 보이며 편차는 2% 미만으로 낮게 확인되었다. 또한, 전체적인 GMT 역시 LPAI가 ND에 비하여 낮게 형성됨을 확인하였다. 이는 각 질병의 특성과 백신접종의 차이에 따른 결과로 판단된다. IB는 음성계군과 전체계군을 비교할 때 전체 계군의 역가수준이 전반적으로 높았고, CV값은 낮은 경향을 확인할 수 있었으며, 이를 통해 야외 IB virus의 노출을 추정할 수 있었다. aMPV는 2011년에 백신 출시 이후 과거에 비해 높은 항체양성률과 GMT역가 상승을 확인할 수 있었다. EDS'76은 전주령 구간 균일한 역가분포를 나타내었고, 백신에 의한 역가형성을 확인할 수 있었다. IBD는 0~1.5주령의 어린 일령에서 전반적인 IBD 모체이행항체가 높은 수준의 양성률을 보였고 3주령 이후 높게 형성되는 양성률이 모체이행항체수준을 높이는 것으로 추정되고, 향후 지속적인 혈청학적 모니터링이

진행되어야 하겠다. MS는 2017년 백신 출시 이후 양성률과 역가가 높게 나타나는 결과를 보였지만 의뢰건 수가 적고 백신 도입 초기이기 때문에 지속적인 모니터링이 필요하다.

사 사

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (IPET) through Animal Disease Management Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (316047-03), Republic of Korea.

ORCID

Bong Chul Min	https://orcid.org/0000-0002-3494-7361
Lai Van Dam	https://orcid.org/0000-0001-9084-3076
Kang San Kim	https://orcid.org/0000-0002-3864-5379
Tae Sik Kim	https://orcid.org/0000-0002-5986-0537
Joo Sung Son	https://orcid.org/0000-0002-1989-8047
In Pil Mo	https://orcid.org/0000-0003-2793-2628

REFERENCES

- Adair BM 2000 Immunopathogenesis of chicken anemia virus infection. *Dev Comp Immunol* 24(2-3):247-255.
- Badar ST, Siddique M, Ali R, Rasool MH 2006 Serological status of egg drop syndrome in breeders and commercial layers in Manshehra district. *Pakistan Vet J* 26(1):33-35.
- Berg TP, Meulemans G 1991 Acute infectious bursal disease in poultry: protection afforded by maternally derived antibodies and interference with live vaccination. *Avian Pathol* 20(3):409-421.
- Cavanagh D 2007 Coronavirus avian infectious bronchitis virus. *Vet Res* 38(2):281-297.
- Cha SY, Kang M, Park CK, Choi KS, Jang HK 2013 Epidemiology of egg drop syndrome virus in ducks from South Korea. *Poult Sci* 92(7):1783-1789.
- Fox CB, Baldwin SL, Duthie MS, Reed SG, Vedvick TS 2012 Immunomodulatory and physical effects of phospholipid composition in vaccine adjuvant emulsions. *AAPS PharmSciTech* 13(2):498-506.
- Hair-Bejo M, Ng MK, Ng HY 2004 Day old vaccination against infectious bursal disease in broiler chickens. *Int J Poult Sci* 3(2):124-128.
- http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/8/1/index.board?bmode=read&aSeq=334962. Accessed November. 6, 2019.
- http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/8/1/index.board?bmode=read&aSeq=371136. Accessed November. 6, 2019.
- <https://www.lhca.or.kr/business/front/ncd/ncdView.do?boardNo=2308&boardId=ncd&page=1&schTp=&schTxt=>. Accessed November. 6, 2019.
- https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.03.04_AI.pdf. Accessed September. 15, 2019.
- Jones JF, Whithear KG, Scott PC, Noormohammadi AH 2006 Onset of immunity with *Mycoplasma synoviae*: comparison of the live attenuated vaccine MS-H (Vaxsafe MS) with its wild-type parent strain (86079/7NS). *Avian Dis* 50(1): 82-87.
- Kang M, Cha SY, Jang HK 2017 Tropism and infectivity of duck-derived egg drop syndrome virus in chickens. *PloS One* 12(5):e0177236.
- Kang MS, Kim SY, Lee HS 2014 Seroprevalence of Metapneumovirus, Reovirus and Mycoplasma in the broiler breeder of Jeonbuk province. *Korean J Vet Serv* 37(3): 185-190.
- Kibenge FS, Dhillon AS, Russell RG 1988 Biochemistry and immunology of infectious bursal disease virus. *J Gen Virol* 69(8):1757-1775.
- Kim BY, Lee DH, Jang JH, Lim TH, Choi SW, Youn HN, Park JG, Lee JB, Park SY, Choi IS, Song CS 2013 Cross-protective immune responses elicited by a Korean variant of infectious bronchitis virus. *Avian Dis* 57(3): 667-670.
- Kim HR, Kwon YK, Bae YC, Oem JK, Lee OS 2010 Molecular characterization of chicken infectious anemia viruses detected from breeder and broiler chickens in South Korea. *Poult Sci* 89(11):2426-2431.
- Kim JE, Hwang JY, Bae DR, Sung MS, Kim ST, Kim SY 2007 Examination of seroprevalence and detection of avian pneumovirus from layer hens in Gyeongbuk province. *Korean J Vet Serv* 30(1):43-49.
- Kim SJ 1991 Pathogenicity of a local isolate of chicken

- anemia agent for chickens and prevalence of antibody in chicken flocks. *Korean J Poult Sci* 18(3):141-150.
- Kite VG, Boyle DB, Heine HG, Pritchard I, Garner MG, East IJ 2007 A serological and virological survey for evidence of infection with Newcastle disease virus in Australian chicken farms. *Aust Vet J* 85(6):236-242.
- Kwak K, Lee H, Yuk H, Lee J, Lee K, Yi YJ, Lee SM 2016 Seroprevalence and molecular detection of *Mycoplasma gallisepticum* and *M. synoviae* infection in broiler breeder in Jeonbuk province, Korea. *Korean J Vet Serv* 39(2): 101-105.
- Kwon YK, Kang MS, Oh JY, Jung BY, Kim HR, Kim HY, Shin SY, Kwon JH, Chung GS 2010 Prevalence report of transovarian transmitted diseases in the breeder chickens, Korea. *Korean J Poult Sci* 37(3):237-245.
- Lee DH, Song CS 2013 H9N2 avian influenza virus in Korea: evolution and vaccination. *Clin Exp Vaccine Res* 2(1):26-33.
- Lee HR, Kim JM, Kim JH, Kim CM, So HH, Lee DW, Ha BD, Hong SC, Mo IP 2010 Serological survey for the major viral diseases in the layers. *Korean J Poult Sci* 37(4):361-372.
- Lee JW, Eum SS, Park IG, Bea JJ, Joung DS, Song HJ 2005 Studies of the egg drop laying diseases from the mass zone layer. *Korean J Vet Serv* 28(2):121-146.
- Miller MM, Schat KA 2004 Chicken infectious anemia virus: an example of the ultimate host-parasite relationship. *Avian Dis* 48(4):734-745.
- Naeem K, Naurin M, Rashid S, Bano S 2003 Seroprevalence of avian influenza virus and its relationship with increased mortality and decreased egg production. *Avian Pathol* 32(3): 283-287.
- Naqi SA, Marquez B, Sahin N 1983 Maternal antibody and its effect on infectious bursal disease immunization. *Avian Dis* 623-631.
- Numan M, Siddique M, Yousaf MS 2005a Seromonitoring of avian influenza H9 Subtype in breeders and commercial layer flocks. *Pakistan Vet J* 25(3):151.
- Numan M, Zahoor MA, Khan HA, Siddique M 2005b Serologic status of Newcastle disease in broilers and layers in Faisalabad and surrounding districts. *Pakistan Vet J* 25(2):55.
- Oh KH, Mo JS, Bae YJ, Lee SB, Wang SJ, Mo IP 2018 Amino acid substitutions in low pathogenic avian influenza virus strains isolated from wild birds in Korea. *Virus Genes* 1-9.
- Olsen B, Munster VJ, Wallensten A, Waldenström J, Osterhaus AD, Fouchier RA 2006 Global patterns of influenza A virus in wild birds. *Science* 312(5772):384-388.
- Reed GF, Lynn F, Meade BD 2002 Use of coefficient of variation in assessing variability of quantitative assays. *Clin Diagn Lab Immunol* 9(6):1235-1239.
- Saif YM 2008 Diseases of Poultry. 12th. ed. Blackwell Publishing Company, Iowa, USA.
- So HH, Jeong SR, Mo JS, Min KC, Kim JN, Mo IP 2018 Serologic monitoring of animal welfare-oriented laying-hen farms in South Korea. *Korean J Vet Res* 58(4):193-199.
- Song CS, Lee YJ, Han MG, Seong HW, Kang KS, Lee JB, Kim JH 2000 Evaluation of the recent live vaccination effects against Newcastle disease under field conditions. *Korean J Vet Res* 40(3):563-573.
- Song YK, Shin DH, Byun JW, Jeon KY, Jung BY 2009 Seroprevalence of *Salmonella pullorum* and *gallinarum* in grand parent poultry stock farms during the 2006~2007. *J Prev Vet Med* 33(2):131-136.
- Toro H, Ewald S, Hoerr FJ 2006 Serological evidence of chicken infectious anemia virus in the United States at least since 1959. *Avian Dis* 50(1):124-126.
- Woo JT, Park BK 2008 Seroprevalence of low pathogenic avian influenza (H9N2) and associated risk factors in the Gyeonggi-do of Korea during 2005-2006. *J Vet Sci* 9(2):161-168.

Received Sep. 10, 2019, Revised Oct. 15, 2019, Accepted Oct. 16, 2019

