

< Original Article >

## 소와 돼지의 연령별 구제역 백신 항체 양성률 분석

최창용<sup>1</sup> · 정영훈<sup>1</sup> · 도윤정<sup>1</sup> · 조아라<sup>1</sup> · 강석진<sup>1</sup> · 김의형<sup>1</sup> · 김찬란<sup>1</sup>  
신상민<sup>1</sup> · 류재규<sup>1</sup> · 탁동섭<sup>2</sup> · 박미영<sup>2</sup> · 위성환<sup>2</sup> · 구복경<sup>2\*</sup>  
농촌진흥청 국립축산과학원<sup>1</sup>, 농림축산검역본부 구제역진단과<sup>2</sup>

### Analysis of foot-and-mouth disease virus structural protein antibody positive rates according to ages in cattle and pigs

Changyong Choe<sup>1</sup>, Young-Hun Jung<sup>1</sup>, Yoon-Jung Do<sup>1</sup>, Ara Cho<sup>1</sup>, Seog-Jin Kang<sup>1</sup>, Ui-Hyung Kim<sup>1</sup>,  
Chan-Lan Kim<sup>1</sup>, Sang-Min Shin<sup>1</sup>, Jae-Gyu Yoo<sup>1</sup>, Dongseob Tark<sup>2</sup>, Mi-Young Park<sup>2</sup>,  
Sung-Hwan Wee<sup>2</sup>, Bok-Kyung Ku<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea  
<sup>2</sup>Foot and Mouth Disease Division, Animal and Plant Quarantine Agency, Gimcheon 39660, Korea

(Received 3 July 2017; revised 19 December 2017; accepted 20 December 2017)

#### Abstract

The best way to prevent foot-and-mouth disease (FMD) constantly occurring in Korea will be vaccination. In this study, FMD vaccines were given to Korean native cattle (Hanwoo), dairy cattle, and pigs to investigate the antibody positive rate of FMD vaccine by age in year and month. Hanwoo, dairy cattle, and pigs showed antibody positive rates of 99.5%, 97.7%, and 95.9%, respectively. High antibody positive rates more than 95% were found in Hanwoo and dairy cattle. In particular, high antibody positive rates were found in Hanwoo and dairy cattle regardless of age. Pigs showed a relatively low antibody positive rate of 57.6% at 3 months of age and then constantly maintained a high antibody positive rate of above 95.0% after 4 months of age. As a result of this study, high antibody positive rates were found when regular FMD vaccination was given to newborn calves and piglets after FMD vaccination twice to them. Therefore, it is considered the most important to receive vaccination thoroughly according to vaccination plan in order to prevent FMD.

**Key words :** FMD, Vaccination, Antibody positive rate, Cow, Pig

## 서 론

세계동물보건기구(OIE) List A 가축전염병이면서 우리나라의 가축전염병예방법 제1종 법정가축전염병에 해당하는 구제역(Foot-and-mouth disease, FMD)은 소, 돼지, 염소, 사슴과 같은 우제류의 입, 발굽, 혀 등에 수포를 형성하면서 침흘림, 발열, 식욕 부진을 일으키는 질병으로 test-and-slaughter 정책을 지속적으로 실시하고 있다. Picornaviridae의 Aphthovirus에 속하는

구제역 바이러스는 O, A, Asia-1, SAT-1, SAT-2, SAT-3, C의 7가지 혈청형이 존재하는데(Bachrach, 1968), 특히 O, A, Asia-1의 3가지 혈청형이 전세계적으로 폭넓게 발생하고 있으며, 일부 SAT 혈청형이 아프리카 일부지역에서 발생하고 있다(Hammond, 2009). 우리나라 주변국가에서의 최근 구제역 발생현황을 살펴보면 중국의 경우 2005년부터 Asia-1형이 지속적으로 발생하고 있으며, 2009년에는 A형이 발생하여 심각한 타격을 입었으며, 대만은 2004년 백신 접종 청정국을 인정 받은 후 2009년 O형이 돼지에서 발생하였고, 베트남에서는 O, A, Asia-1형의 다양한

\*Corresponding author: Bok-Kyung Ku, Tel. +82-54-912-0774,  
Fax. +82-54-912-0888, E-mail. [kubk@korea.kr](mailto:kubk@korea.kr)

혈청형의 구제역이 발생하고 있으며, 캄보디아, 라오스 등 동남아시아에서도 O, A형의 구제역이 꾸준히 발생하고 있다(Sohn 등, 2015). 우리나라에서는 구제역이 1933년 처음으로 발생하여 1934년 종식된 이래로(Park 등, 2009) 보고가 없다가 66년만인 2000년에 15건(소) 발생한 이후 2002년 16건(소 1, 돼지 15), 2010년 1월 6건(소), 4~5월 11건(소 7, 돼지 4), 2010년 11월~2011년 4월 153건(소 97, 돼지 55, 염소 1), 2014년 7월~8월 3건(돼지), 2014년 12월~2015년 4월 185건(소 5, 돼지 180), 2016년 1월~3월 21건(돼지) 2017년 2월 9건(소)이 발생하는 등 지속적으로 발생하고 있다. 발병 혈청형은 2000년 O형, 2002년 O형이 발생하다가 2010년 1월 A형이 발생하였고, 그 이후, 2010년 4~5월, 2010년 11월~2011년 4월, 2014년 7월~8월, 2014년 12월~2015년 4월, 2016년 1월~3월까지 연속적으로 O형의 혈청형만 발생하다가 2017년 2월 처음으로 O형과 A형이 동시에 발생하였다. 예방백신 정책은 2000년 발생 시 살처분 정책과 함께 제한적으로 Ring 백신 정책을 실시한 이후 2002년과 2010년초까지 살처분 정책만 실시하다가 2010년 경북 안동에서 발생하여 전국적으로 확산됨에 따라 전국적인 백신정책을 실시하여 지금까지 유지하고 있다.

Sohn 등(2015)은 경북 영천 89 농가의 1,324점의 시료를 대상으로 ELISA법으로 구제역 SP 항체를 조사한 결과 소에서 44.9%, 돼지에서 79.6%의 양성률을 보였고 전체적으로 58.8%의 항체 양성률이 확인되었다고 하였다. 또한 사육 규모별로는 영세농가로 지정되어 백신접종 비용이 지원되는 농가 규모(소 50두 이하, 돼지 1,000두 이하)와 대규모 전업농장의 경우 소와 돼지에서 공히 일정 수준 이상의 항체 양성률을 보였지만 지원 대상에서 제외되는 농장, 특히 중간 정도 규모의 농장에서 소, 돼지 모두 가장 낮은 항체 양성률을 보였다고 하였다. Ahn 등(2013)은 모돈과 후보돈을 대상으로 구제역 SP 항체를 조사한 결과 백신접종 후 최소 5개월간은 양성 수준의 항체가를 유지한다고 하였으며, 자돈의 경우 2개월령 또는 3개월령의 1회 백신 접종을 하였을 경우 구제역 백신 항체 양성률이 1개월령에 28.4%, 2개월령 4.5%, 3개월령 0%, 4개월령 31.3%, 5개월령 26.2%, 6개월령 41.2%로 나타낸다고 하였고, 2개월령 접종과 3개월령 접종을 비교하였을 경우 3개월령에 접종하는 것이 2개월령에 접종하는 것보다 항체 역가 수치가 높다고 하였다. 정기적인 백신접종 간격의 경우 Doel (2003)은 4~6개월 간격의 접종이 필요하다고 하였고,

Rodriguez와 Grubman (2009)도 집단면역 수준을 유지하기 위해서는 추가 접종이 요구된다고 하였다.

본 연구에서는 국립축산과학원에서 사육하고 있는 한우, 젓소, 돼지를 대상으로 정기적인 계획에 따라 구제역 예방백신을 접종하고 이들의 연령별(월령별) 항체 양성률을 조사하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 공시축 및 공시재료

2016년 봄(3월~4월), 가을(9월~10월) 2차례에 걸쳐 국립축산과학원 소재 4개 지역(완주, 천안, 남원, 제주)에서 사육하고 있는 한우 369두, 젓소 300두, 돼지 1,530두를 이용하여 구제역 백신 접종 축을 대상으로 혈액을 채취하고 혈청을 분리하여 실험에 공시하였다. 구제역 백신은 국내(코미팜 등 5개사)에서 별크 제조한 불활화 정제 구제역 백신을 이용하여 각 지역에서 한우 3가 백신(O+A+Asia 1), 젓소 단가백신(O 3039+O Manisa), 돼지 단가백신(O 3039+O Manisa)을 어깨 부위 근육에 생후 8주령에 1차 접종, 12주령에 2차 접종 후 4~6개월 간격으로 정기적으로 추가 접종을 실시하였다. 진공 채혈관(BD Vacutainer<sup>®</sup>, UK)을 이용하여 채취한 혈액은 원심분리기(Beckman Coulter, USA)를 이용하여 5°C, 3,000 rpm에서 5분간 원심분리를 실시한 후 혈청을 분리하여 검사할 때까지 냉동보관 하였다.

### 백신항체 검사

구제역 백신 접종에 따른 항체(Structural Protein, SP) 양성률은 국립축산검역본부 구제역진단과에서 ELISA 방법으로 kit (PrioCHECK<sup>®</sup> FMDV ELISA kit, Prinics, Netherlands)를 이용하여 검사를 실시하였는데, 제조사의 매뉴얼을 이용하여 진행한 후 450 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 검사 완료 후 Percentage Inhibition (PI) 수치를 확인하고 이 수치가 50 이상일 경우 양성으로, 50 미만일 경우 음성으로 판정하였다.

### 결과 분석

항체 양성 및 음성 분석 결과는 한우 0~14세, 젓소 0~13세의 연령별로, 돼지는 3~25개월의 월령별

로 구분하여 SPSS18 프로그램(one-way ANOVA+Tukey's test) 및 Chi-Square test를 이용하여 처리구간의 유의성을 검정하였다( $P < 0.05$ ).

## 결 과

### 한우 및 젃소의 항체 양성률

검사한 한우 369두 중 367두의 99.5%에서 백신 항체 양성률을 나타내었다. 이들 중 2세까지의 어린 연령으로 구분하였을 경우 0세(3~12개월령) 26두에서 100%, 1세에서 98.4% (60/61), 2세에서 97.4% (38/39)를 나타내었고 3세~14세까지의 243두에서 100%를 나타내었다(Table 1).

이를 정리해보면 출생 후 8주령에서 1차, 12주령에서 2차 접종으로 2차례 신생축 접종을 실시한 12개월령 미만의 어린 소에서 100%의 항체 양성률을 나타내다가 1세부터 2세까지의 어린 시기에 통계학적인 유의성은 없으나 미미한 비율이나마(1.6%~2.6%) 항체 음성의 비율을 보이다가 3세 이상에서는 100% 항체 양성률을 나타내었다.

젃소에서는 300두의 검사 축 중 293두에서 항체 양성을 보여 97.7%의 백신 항체 양성률을 나타내었다. 연령별로는 0세(3~12개월령) 1두, 1세 3두에서 100% 항체 양성률을 나타낸 반면, 2세에서 94.3% (66/70), 3세에서 97.1% (68/70)를 나타내었고 8세에서 90% (1/10), 9세~13세까지의 15두에서 100%를 나타내었다(Table 2).

이를 정리해보면 출생 후 8주령에서 1차, 12주령에

서 2차 접종으로 2차례 신생축 접종을 실시한 12개월령 미만과 1세의 소에서 100%의 항체 양성률을 나타내다가 2세부터 3세까지의 시기에 유의적인 차이는 없지만 미미한 비율이나마(2.9%~5.7%) 항체 음성의 비율을 보이다가 8세의 1마리를 제외하고 4세 이상에서 모두 항체 양성률을 나타내었다.

### 돼지의 항체 양성률

4개 지역(완주, 천안, 남원, 제주)에서 사육하고 있는 돼지 1,530두를 대상으로 항체 양성률을 조사한 결과 1,468두의 95.9% 구제역 백신 항체 양성률을 나타내었다. 월령별 항체 양성률을 비교한 결과 3개월령에서 57.6%의 상대적으로 낮은 항체 양성률을 나타내다가 이후부터 높은 비율을 나타내었는데, 4개월령 95.3%, 5개월령 95.1%, 6~11개월령 98.4%, 12개월령 이상 97.8%의 항체 양성률을 나타내었다(Table 3).

### 시기별, 지역별 항체 양성률

한우, 젃소, 돼지를 대상으로 시기별(봄, 가을), 지역별(완주, 천안, 남원, 제주) 백신 항체 양성률을 조사한 결과 한우에서 지역별·계절별로 96.2%에서 100%를 나타내어 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 젃소에서도 봄 97.3%, 가을 98.0%의 항체 양성률을 나타내어 차이를 보이지 않았다. 돼지에서는 제주 지역에서 봄철 83.8%의 항체 양성률로 제주 지역의 가을 및 다른 지역의 봄, 가을에 비해 유의적으로 낮은 비율을 나타내었지만, 봄·가을을 합친 지역별로는 92.4%~100.0%를 나타내어 유의적인 차이를 나타내지 않았

**Table 1.** FMDV SP antibody positive rates in Korean native cattle (Hanwoo)

Age (Year)	No. of head	No. of seropositive	Positive rate (%)
10~14	28	28	100.0
9	17	17	100.0
8	19	19	100.0
7	33	33	100.0
6	47	47	100.0
5	39	39	100.0
4	20	20	100.0
3	40	40	100.0
2	39	38	97.4
1	61	60	98.4
<1	26	26	100.0
Total	369	367	99.5

There is no significant difference among groups ( $P > 0.05$ ).

**Table 2.** FMDV SP antibody positive rates in dairy cattle

Age (Year)	No. of head	No. of seropositive	Positive rate (%)
10~13	3	3	100.0
9	10	10	100.0
8	10	9	90.0
7	16	16	100.0
6	34	34	100.0
5	36	36	100.0
4	47	47	100.0
3	70	68	97.1
2	70	66	94.3
1	3	3	100.0
<1	1	1	100.0
Total	300	293	97.7

There is no significant difference among groups ( $P > 0.05$ ).

고, 계절별로도 봄 99.0%, 가을 92.7%를 나타내어 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Table 4).

## 고 찰

본 연구에서 소, 돼지의 구제역 백신접종에 따른 항체 양성률이 한우에서 99.5%, 젓소에서 97.7%, 돼지에서 95.9%를 나타내어 소와 돼지 두 축종 모두에서 95% 이상의 높은 항체 양성률을 나타내었다. 한우와 젓소에서 연령별, 돼지에서 월령별 항체 양성률을 확인하였을 경우 한우와 젓소에서는 연령에 상관없이 일부 항체 음성을 나타낸 것을 제외하고는 전 연령에 걸쳐 높은 항체 양성률을 나타낸 반면, 돼지에서는 신생 자돈을 대상으로 8주령, 12주령의 2차례 접종을 실시한 12주령(3개월령)에서는 57.6%의 상대적으로 낮은 항체 양성률을 보이다가 4개월령부터는

95% 이상의 높은 항체 양성률을 나타내었다.

Sohn 등(2015)은 경북 영천지역 소 및 돼지를 대상으로 항체 양성률을 조사한 결과 소에서 76.6%, 돼지에서 44.9%의 항체 양성률을 보고하였는데, 본 연구에서는 소, 돼지에서 모두 손 등의 보고에 비해 상대적으로 높은 구제역 백신 항체 양성률을 나타내었다. Ahn 등(2013)은 자돈의 구제역 백신 항체 양성률이 3개월령 0%, 4개월령 31.3%, 5개월령 26.2%, 6개월령 41.2%를 나타낸다고 보고하였는데, 본 연구에서는 3개월령 57.6%, 4개월령 95.3%, 5개월령 95.1%, 6개월령 95.8%를 나타내어 안 등의 보고에 비해 전 연령에서 높은 항체 양성률을 나타내었다. 3개월령에서 57.6%의 항체 양성률을 보이던 것이 4개월령 95.3%로 향상된 것은 2개월령(8주령)에 1차 구제역 백신접종 후 3개월령(12주령)의 2차 접종에 의한 booster 효과로 여겨진다.

국립축산과학원에서 사육하고 있는 한우, 젓소, 돼지의 경우 생후 8주령과 12주령의 2차례에 걸쳐 신생축 구제역 예방접종을 실시한 후 4~7개월 간격으로 정기적인 일괄접종을 실시하고 있는데, 이렇게 함으로써 소와 돼지의 전체적인 연령(월령)에서 구제역 백신접종에 따른 높은 항체 양성률을 나타내어 사육가축의 구제역 예방을 위해 선제적인 방어를 하고 있는 것으로 사료된다.

Sohn 등(2015)은 영세농가로 지정되어 백신접종이 지원되는 규모(소 50두 이하, 돼지 1,000두 이하)의 농장에서는 소에서 98.8%, 돼지에서 52.9%의 항체 양

**Table 3.** FMDV SP antibody positive rates in pigs

Age (Month)	No. of head	No. of seropositive	Positive rate (%)
≥12	324	317	97.8 <sup>a,b</sup>
6~11	869	855	98.4 <sup>a</sup>
5	81	77	95.1 <sup>b</sup>
4	190	181	95.3 <sup>b</sup>
3	66	38	57.6 <sup>c</sup>
Total	1,530	1,468	95.9

<sup>a,b,c</sup>Values with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

**Table 4.** FMDV SP antibody positive rates according to seasons and areas in cattle and pigs

Animal	Area	Seasons	No. of head	No. of seropositive	Positive rate (%)
Hanwoo	Namwon	Spring	121	120	99.2 <sup>b</sup>
		Autumn	100	100	100.0 <sup>b</sup>
	Jeju	Spring	91	91	100.0 <sup>b</sup>
		Autumn	31	31	100.0 <sup>b</sup>
Dairy cattle	Wanju	Autumn	26	25	96.2 <sup>b</sup>
		Cheonan	Spring	150	146
	Cheonan	Autumn	150	147	98.0 <sup>b</sup>
		Pig	Namwon	Spring	12
Autumn	13			13	100.0 <sup>b</sup>
Jeju	Spring		226	223	98.7 <sup>b</sup>
	Autumn		167	140	83.8 <sup>a</sup>
Wanju	Spring		99	99	100.0 <sup>b</sup>
	Autumn		114	110	96.5 <sup>b</sup>
Cheonan	Spring		449	444	98.9 <sup>b</sup>
	Autumn		450	427	94.9 <sup>b</sup>
Total			2,199	2,128	96.8

<sup>a,b</sup>Values with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

성률을 보이지만 지원 대상에서 제외되는 중간정도 규모의 농장(소 51두~200두, 돼지 1,001두~5,000두)에서는 소 75.3%, 돼지 38.5%로 낮은 항체 양성률을 나타낸다고 하였는데, 이는 아마도 전문적인 수의사나 가축 관리자에 의한 접종이 미비한 농가에서 항체 양성률이 낮을 것으로 추측되는데, 국립축산과학원의 경우 가축 사육 부서에 소속된 전문 수의사가 정확한 백신접종 일령, 시기에 맞추어 구제역 예방백신을 접종하고 있으므로 일반 농가에 비해서는 구제역 백신 항체 양성률이 높게 나타나는 것으로 사료된다.

Sohn 등(2015)과 Ahn 등(2013)의 보고에 비해 본 연구에서 SP 항체 양성률이 월등히 높은 이유가 적절한 백신접종에 의한 것으로 판단되지만 혹시 야외 감염에 의하여 항체 양성률이 높을 수도 있는데, 야외 감염 여부를 확인하기 위해 한우, 젖소, 돼지의 2016년 NSP 항체 검사를 각 지역에 소속된 가축방역기관(전북 동물위생시험소, 충남 가축위생연구소, 강원 동물위생시험소, 제주 동물위생시험소)에서 실시한 결과 한우 208두, 젖소 50두, 돼지 212두에서 NSP 항체가 모두 음성으로 조사었으므로 야외 감염에 의하여 SP 항체 양성률이 높아진 것은 아닌 것으로 확인되었다.

## 결 론

우리나라에서 지속적으로 발생하고 있는 구제역을 예방하기 위한 최선의 방법은 예방백신을 접종하는 것인데, 본 연구에서는 한우, 젖소 및 돼지를 대상으로 구제역 예방백신을 접종하고 연령별, 월령별 구제역 백신 항체 양성률을 조사하였다. 축종별 항체 양성률은 한우 99.5%, 젖소 97.7%, 돼지 95.9%를 나타내어 소와 돼지에서 모두 95% 이상의 높은 항체 양성률을 나타내었다. 특히 한우와 젖소에서는 연령에 상관없이 높은 항체 양성률을 나타내었고, 돼지의 경우 3개월령에 57.6%의 상대적으로 낮은 비율을 나타

내다가 4개월령 부터는 95% 이상의 항체 양성률을 지속적으로 유지하였다. 본 연구 결과 소와 돼지에서 신생축을 대상으로 2차례에 걸친 구제역 예방백신 접종 후 정기적으로 백신을 접종할 경우 높은 항체 양성률을 나타내고 있으므로 구제역 예방을 위해 반드시 접종 계획에 따라 빠짐없이 예방백신을 접종하는 것이 그 무엇보다 중요할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명 : 축산원 가축질병 위기대응 실무 매뉴얼 적용 및 방역 최적화 연구, 세부과제번호 : PJ01191501)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## REFERENCES

- Ahn GH, Bae JG, Jung K, Wang YI, Jung JY, Kang SK, Kwon HM. 2013. Development of antibodies after foot and mouth disease vaccination in pigs. *Korean J Vet Serv* 36: 15-21.
- Bachrach HL. 1968. Foot-and-mouth disease. *Annu Rev Microbiol* 22: 201-244.
- Doel TR. 2003. FMD Vaccine. *Virus Res* 91: 81-99.
- Hammond J. 2009. OIE/FAO World Reference Laboratory report, January-March 2009, Foot-and-Mouth Disease, World Reference Laboratory, Pirbright. pp. 1-33.
- Park JH, Lee KN, Kim SM, Ko YJ, Lee HS, Cho IS. 2009. Geographical distribution and molecular epidemiology of the foot-and-mouth disease viruses of major groups. *Korean J Vet Serv* 32: 315-323.
- Rodriguez LL, Grubman MJ. 2009. Foot and mouth disease virus vaccine. *Vaccine* 27: D90-94.
- Sohn JH, Hwang YS, Sohn KH, Shin SH, Lee EM, Kim ST, Cho MH, Yun MJ. 2015. Survey of foot-and-mouth disease virus structural protein antibody titer in Yeongcheon. *Korean J Vet Serv* 38: 13-17.