

< Original Article >

경남 남부지역 젖소 사육 농가의 소바이러스성설사병(BVD) 감염실태 조사

박종식* · 박종규 · 조은정 · 김은경 · 이종민 · 김도경 · 손성기

경상남도축산진흥연구소 남부지소

Prevalence of bovine viral diarrhea virus from dairy cattle farms in Gyeongnam southern area, Korea

Jong-Sik Park*, Jong-Kyu Park, Eun-Jung Cho, Eun-Gyeong Kim,
Jong-Min Lee, Do-Kyung Kim, Seong-Ki Son

South branch of Gyeongnam Livestock Veterinary Promotion Research Institute, Tongyeong 650-817, Korea

(Received 25 September 2012; revised 14 February 2013; accepted 20 March 2013)

Abstract

Bovine viral diarrhea virus (BVDV) is one of the most important disease viruses in cattle that can cause severe economical losses due to decreased fertility, abortion, diarrhea, and respiratory symptoms. Therefore, this study was aimed to investigate prevalence of BVDV infection (Transiently infection, Persistently infection) in dairy cattle in Gyeongnam southern area, Korea and use this data as the basis for establishing an eradication program and policy. A total of 44 bulk-tank milk samples (farms) collected in milk collecting center were tested for BVDV antibody using an ELISA. As the result, out of a total of 44 bulk-tank milk samples (farms), 38 (86.4%) samples were BVDV antibody positive. Blood samples (17 farms, n=543) were collected from BVDV antibody positive farms in bulk-tank milk, tested for BVDV antigen with ELISA and PCR. BVDV infected farms were 47% (8/17) and BVDV infected head were 2.2% (12/543). Persistently infected cattle (PI) were detected at 6 (35.3%) farms out of 17 farms and a total of 6 (1.1%) out of 543 head of cattle were identified as PI. The seropositive of BVDV antibody at farms and head were 100% (17/17) and 49.45% (91/184), respectively. The seroprevalence of BVDV antibody in PI infected farms (67.35%) much higher than that of BVDV antibody in transiently infected cattle (TI) infected farms (45%) and uninfected farms (34.48%). For eradication of BVDV infection in cattle populations, First of all, we should remove PI and need vaccination.

Key words : Bovine viral diarrhea virus, Persistently infected cattle (PI), Transiently infected cattle (TI), ELISA

서 론

소바이러스성설사병(Bovine viral Diarrhea, BVD)은 전 세계적으로 소 산업에서 경제적으로 많은 피해를 주고 있는 질병으로(Barker 등, 1993; Houe, 1999; Brodersen, 2004; Bachofen 등, 2010), 국내에서도 발생건

수가 증가하고 있으나 질병에 대한 인식이 부족하여 만성적으로 경과하는 등 경제적 손실이 크다(김, 2011).

BVDV는 외피를 가진 단일 가닥(single-stranded)의 RNA 바이러스이며 Flaviviridae과, pestivirus속이다. BVDV의 유전자형(genotype)은 BVDV1과 BVDV2로 나뉘며, 생물형(biotype)은 세포변성형(cytopathic)과 비세포변성형(non-cytopathic)으로 구분된다(Walz 등,

*Corresponding author: Jong-Sik Park, Tel. +82-55-254-3353,
Fax. +82-55-254-3369, E-mail. wildvet@korea.kr

2010). 소에서는 호흡기 증상, 설사, 수태율 감소, 유산, 지속감염우(Persistently infected cattle, PI) 출산 등으로 인한 심각한 경제적 손실을 유발한다(Bolin 등, 1985a; Barker 등, 1993; Cornish 등, 2005). 특히, 임신우는 BVDV 감염 시기에 따라 배아사(embryonic death), 유산, 사산, 선천적 기형, 지속감염우(PI) 출산 등의 임상증상을 나타낸다(Barker 등, 1995). 지속감염우(PI)는 태아가 생식기를 통해 비세포변성형 BVDV에 임신 40일령에서 120일령 사이에 태반 감염되어, 면역관용현상으로 항체가 형성되지 않으면서 일생 동안 바이러스를 지속적으로 배출하는 임상형 감염소를 말하며(Barker 등, 1993; Fulton 등, 2006), 일반적으로 3~4주 간격으로 2회 이상 체내에서 바이러스가 분리되는 소를 지속감염우(PI)라 한다(Braun 등, 1998).

PI는 정상적으로 출산하는 경우도 있으나 허약, 저체중 상태로 태어난다(Barker 등, 1993; Bielefeldt Ohmann, 1988). 이들은 살아 있는 동안 많은 양의 바이러스를 배출하여 목장 내에 전파원으로 작용하기 때문에 PI를 색출, 제거하는 것이 BVD로 인한 피해를 줄이는데 매우 중요하다(Taylor, 등 1995; Brodersen, 2004; Houe 등, 2006).

농장 내 PI의 우균별 감염율은 보통 0.1~2%로 다양하게 보고되어 있으며, 백신접종을 하지 않은 감수성 동거우를 70~80% 감염시킬 수 있다(Fulton 등, 2006). 모우가 임신 4개월령에 감염된 경우 PI 출산율은 25~30%로 높은 것으로 보고되고 있다(Howard 등, 1990; Houe 등, 1995; Paisley 등, 1996; Polak과 Zmudzinski, 1999; Schreiber 등, 1999; Grooms과 Keilen, 2002; Houe, 2005; Bae 등, 2007; 김, 2011). 또 젖소의 경우 PI 보유 목장에서 유량감소, 체세포수 증가 등으로 인한 경제적 손실을 유발한다(김, 2011).

최근 경남 남부지역의 병성감정 및 현장 개업수의사의 진료 결과 BVD의 발생에 따른 축산농가의 경제적 손실이 증가하는 실정이다. 따라서 이번 연구의 목적은 경남 남부지역 젖소 사육 농가의 BVDV 감염율과 항체형성율을 조사하고, PI를 색출, 제거함으로써 젖소농가의 경제적 피해를 최소화하고, 이에 대한 방역정책 수립과 이번 질병의 예방과 근절을 위한 기초 자료를 확보하고자 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료

경남 남부지역 젖소 사육농가 44호에 대한 BVD 질병 인지도를 전화 설문조사하고, MRT (Milk Ring Test) 검사용 원유를 이용하여 BVDV 항체검사를 실시하였다. 원유 항체검사 결과 양성농가 17농가 543두에 대하여 2011년 8월부터 10월 사이에 혈액을 채취하였다. 혈청을 이용하여 ELISA (Enzyme linked immunosorbent assay) 검사법으로 항원 및 항체검사를 실시하고 항원 양성개체에 대하여 3주 후 재채혈하여 ELISA 및 PCR (Polymerase chain reaction)법을 이용한 항원검사를 실시하여 지속감염우(PI)를 판정하였다.

BVDV 항체검사

BVDV 항체검사는 BVDV Antibody Test Kit (IDEXX, Switzerland)를 이용하여 ELISA 검사법으로 제조사의 설명에 따라 실험하였다. ELISA reader (TECAN, Austria)를 이용하여 흡광도 450 nm 파장에서 optical density (OD)를 측정하였다. S/P ratio값이 혈청은 0.3 이상, 우유 시료는 0.2 이상이면 양성으로 판정하였다.

ELISA를 이용한 BVDV 항원검사

BVDV 항원 검사는 BVDV Ag/Serum Plus Test Kit (IDEXX, Switzerland)를 이용하여 제조사의 설명에 따라 실험하였다. ELISA reader (TECAN, Austria)를 이용하여 흡광도 450 nm 파장에서 optical density (OD)를 측정하였다. 시료의 흡광도 측정값(S)과 음성 control 흡광도 측정값(NCx)의 차가 0.3 이상이면 양성으로 판정하였다.

PCR을 이용한 BVDV 항원검사

ELISA로 확인된 항원 양성개체에 대하여 백혈구에서 바이러스의 검출을 시도하였다. 채취한 전혈에서 백혈구를 분리하여 RNeasy Mini Kit (Qiagen, USA)를 이용하여 제조사의 지시에 따라 template RNA를 추출하였다. BVDV의 특이유전자 증폭을 위해 i-D Maxime RT-PCR Premix kit (Intron, Korea)에 RNase-

free water 16 µl, F-primer (5'-GGCTAGCCATGCCC-TTAG-3')와 R-primer (5'-GCCCTGCGCAGCACCTAT-3')를 각각 1 µl 첨가하고 마지막으로 전혈에서 추출한 template RNA 2 µl를 첨가하여 thermocycler (Bio-metra, Germany)에서 45°C 30분, 94°C 15분 반응 후 94°C 10초, 50°C 10초, 72°C 15초씩 35회 반응을 진행시켰고 최종 72°C에서 10분의 조건으로 반응하였다. PCR 반응 완료 후 자동전기영동장치(Shimadzu, Japan)를 이용하여 증폭산물(249 bp)의 유무를 확인하였다.

결 과

젖소 사육농가 BVD에 대한 인지도

BVD에 대한 농가의 인식정도를 알아보기 위해 먼저 경남 남부지역 젖소 사육농가 44에 대하여 설문 조사를 실시한 결과는 Table 1과 같았다. 일부 젊은 연령대의 축주를 포함한 5농가(11.36%)가 교육 등을 통해 알고 있었지만, 39농가(88.63%)는 이 질병에 대해 모르고 있었으며 BVDV에 대한 백신은 2농가가 실시하고 있었다.

원유내 BVDV 항체검사

젖소 사육농가의 원유에 대한 항체검사 결과는 Table 2와 같이 전체 44농가 중 38농가(86.4%)가 항체 양성을, 6농가(13.6%)가 음성을 나타냈다. 항체 양성 농가 중 저역가 농장은 7농가(18.4%), 중역가 농장은

13농가(34.2%) 고역가 농장은 18농가(47.4%)로 순으로 고역가 농장이 높은 비율을 차지하고 있었다.

혈액내 BVDV 항원검사

원유 항체 양성 농가 38농가 중 17농가 543두를 채혈하여 BVDV 항원검사를 실시한 결과, Table 3에서 보는 바와 같이 8농가(47%) 12두(2.2%)가 감염되어 있었다. 항원 양성개체에 대하여 PI를 감별하기 위해 3주 후 재검사를 실시한 결과 6농가(35.3%), 6두(1.1%)가 PI로 판정되었다. PI에 대한 임상 관찰 결과 6농가 중 1농가 1두에서 설사, 탈수 증상을 보였으며 나머지 PI는 임상증상이 나타나지 않았다(Fig. 1). 원유내 BVDV 항체역가별로 분석을 한 결과 저역가 농장에서는 감염우가 없었으며, 중역가 농장에서는 5농가 154두를 검사한 결과 3농가 3두(1.94%)가 양성을 보였으며, 2농가 2두(1.29%)가 PI로 확인되었다. 고역가 농장 중 11농가 359두 검사 결과 5농가 9두(2.5%)가 감염된 것으로 확인되었으며, 4농가 4두(1.14%)가 PI로 판정되었다.

지역별 BVDV 감염율

경남 남부지역의 지역별 BVDV 감염율을 조사한 결과 남해지역은 6농가 중 5농가가 원유에서 BVDV

Table 1. The survey of awareness for BVD

Total farms	Results of survey		Vaccinated farms (%)
	Awareness (%)	Unawareness (%)	
44	5 (11.36)	39 (88.63)	2 (4.54)

Table 3. The ratio of BVDV infection according to antibody S/P ratio in bulk-tank milk

Group	Total	Antibody S/P ratio		
		Low	Middle	High
No. of farms examined	17	1	5	11
No. of head examined	543	30	154	359
Infected farms (%)	8 (47.0)	-	3 (60.0)	5 (45.4)
Infected head (%)	12 (2.2)	-	3 (1.94)	9 (2.50)
PI infected farms (%)	6 (35.3)	-	2 (40.0)	4 (40.0)
PI infected head (%)	6 (1.1)	-	2 (1.29)	4 (1.14)

Table 2. The ratio of BVDV antibody positive in bulk-tank milk of dairy cattle farms

Group	No. of farms examined (%)	Antibody		Antibody S/P ratio*		
		Negative farms (%)	Positive farms (%)	Low farms (%)	Middle farms (%)	High farms (%)
Nam-hae	6 (100)	1 (16.6)	5 (83.4)	0 (0.0)	3 (60.0)	2 (40.0)
Go-seong	38 (100)	5 (13.2)	33 (86.8)	7 (21.2)	10 (30.3)	16 (48.5)
Total	44 (100)	6 (13.6)	38 (86.4)	7 (18.4)	13 (34.2)	18 (47.4)

*Antibody S/P ratio: Low (0.2 ≤ S/P < 0.5), Middle (0.5 ≤ S/P < 0.8), High (0.8 ≤ S/P).

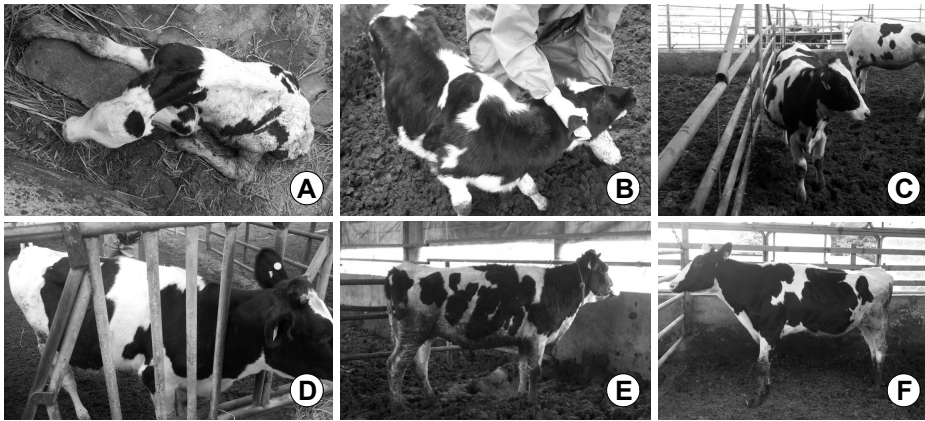


Fig. 1. Persistently/ infected cattle (PI) according to age and farms. (A) 1 month old, ♀. (B) 4 months old, ♀. (C) 13 months old, ♀. (D) 15 months old, ♀. (E) 22 months old, ♀. (F) 24 months old, ♀.

Table 4. The ratio of BVDV infection according to the regions in Gyeongnam south area

Regions	No. of farms examined	No. of head examined	Infected farms (%)	Infected head (%)	PI	
					Infected farms (%)	Infected head (%)
Nam-hae	4	106	3 (75.0)	3 (2.83)	2 (50.0)	2 (1.88)
Go-seong	13	437	5 (38.5)	9 (2.05)	4 (30.7)	4 (0.91)
Total	17	543	8 (47.0)	12 (2.20)	6 (35.3)	6 (1.1)

항체양성이 확인되었다(Table 2). 원유 항체 양성 농가 중 4농가 106두에 대하여 항원 검사를 실시한 결과 3농가 3두(2.83%)에서 항원 양성을 보였으며, 3주 후 재확인 검사에서 2농가 2두(1.88%)가 PI로 확인되었다(Table 4). 고성지역은 원유 BVDV 항체 검사에서 33농가(86.8%)가 항체양성을 보였으며(Table 2), 항체 양성농가 13농가 437두에 대한 항원 검사 결과 5농가 9두(2.05%)가 양성으로 나타났으며, 3주 후 재확인 검사에서 4농가 4두(0.91%)가 PI로 확인되어 도태하였다(Table 4).

지속감염우(PI)

PI의 연령대는 1개월령에서 24개월령까지 다양하게 나타났으며(Table 5), 항원 ELISA S/P ratio 값이 일시적 감염우(Transiently Infected cattle, TI)가 평균 0.549인 반면 PI는 평균 3.40 이상으로 높게 나타났다. 임상증상이 나타난 1개월령의 PI는 유일하게 항체가 형성되어 있었으며, 임상증상 후 폐사한 PI의 부검 결과 Fig. 2와 같이 세포변성형인 BVDV-MD 감염이 확인되었다. PI의 감염시기(임신 40~120일)는 공통적으로 환절기 및 온도 스트레스가 많은 11월과 3월 사이에 편중되어 있는 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 3).

Table 5. Analysis of persistently infected cattle (PI)

PI cattle	Age	Antigen S/P ratio	Antibody	Clinical symptoms
A farm PI	1 month	3.549	Positive	Diarrhea, death
B farm PI	4 months	3.533	Negative	Normal
C farm PI	13 months	3.476	Negative	Normal
D farm PI	15 months	3.204	Negative	Normal
E farm PI	22 months	3.330	Negative	Normal
F farm PI	24 months	3.334	Negative	Normal

BVDV 항원에 대한 진단법 비교

항원 ELISA에서 검출된 1차 항원 양성개체 12두에 대하여 3주 후 재확인 검사시 혈청 및 전혈을 채취하여, 혈청을 이용한 항원 ELISA 검사법에 의한 검사 결과와 백혈구로부터 추출한 RNA를 이용한 PCR법에 의한 검사 결과를 비교한 결과 두 실험법에 의한 결과는 일치하였다(Table 6).

농장별 BVDV 항체 형성을

농장별 항체 양성률을 조사한 결과, 17농가에서 모두 항체가 확인되었고, 검사두수 184두 중 91두 (49.45%)가 항체양성을 보였다. PI 보유 농장의 항체 양성률은 67.35%로 일시적 감염농장(45%), 비감염농



Fig. 2. Autopsy of clinical symptoms persistently infected cattle (PI). (A) Tongue. (B) Abomasum. (C) Intestine.

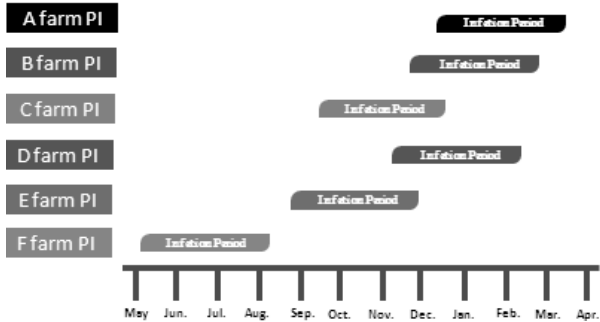


Fig. 3. The estimated period of PI infection (pregnancy 40 to 120 days).

Table 6. The results of diagnosis for PI according to method by ELISA and PCR

Total	ELISA		PCR	
	Positive	Negative	Positive	Negative
12	6	6	6	6

장(34.48%)보다 높게 나왔다. 남해지역의 항체 양성률은 44두 검사 중 18두(40.9%)가 항체 양성을 보였고, 고성지역의 항체 양성률을 남해지역보다 높은 140두 검사 대비 73두(52.14%)가 양성을 보였다(Table 7).

고찰

BVD는 전 세계적으로 소 산업에서 경제적으로 많은 피해를 주고 있는 질병이며(Barker 등, 1993; Brodersen, 2004; Bachofen 등, 2010; Houe, 1999), 유럽에서는 이 질병을 근절하기 위한 국가적 또는 지역 차원의 방역 정책이 수립되어 운용하고 있다(Houe 등, 2006), 국내에서도 BVD 발생건수가 증가하고 있으나 양축농가에서 질병의 중요성에 대한 인식이 부족하여 만성적으로 경과하는 등 경제적 손실이 큰 질병으로 알려져 있다(김, 2011). 경남 남부지역 젖소

Table 7. The ratio of seropositive for BVDV antibody

Group	No. of farms examined	No. of head examined	Positive farms	Positive head (%)
PI infected farms	6	77	6	52 (67.35)
TI infected farms	2	20	2	9 (45.00)
Uninfected farms	9	87	9	30 (34.48)
Nam-hae	4	44	4	18 (40.90)
Go-seong	13	140	13	73 (52.14)
Total	17	184	17	91 (49.45)

사육농가의 BVD에 대한 설문 조사 결과에서도 5농가(11.36%)만이 알고 있었으며, 그 경제적 손실은 인지하지 못하고 있었다. BVD에 근절을 위한 농가교육과 지속감염우의 색출 제거를 위한 체계적인 근절프로그램 및 정책이 개발되어야 할 것이다.

경남 남부지역 원유의 항체 검사 결과 44개 농장 중 38농가(86.4%)가 양성으로 확인되어 Houe와 Meyling(1991)의 항체양성 비율 60~80%와 유사하였다. 원유내 BVDV항체 양성농가 중 47.4%가 고역가 농장이었고 PI의 66.6%가 고역가 농장에서 확인되어 농장내 PI의 색출을 위해서 원유내 BVDV항체 검사 후 고역가 농장에 대하여 우선적으로 실시하는 것이 효율적인 PI 제거 방법이 될 것으로 생각된다.

경남 남부지역 젖소 사육 농가의 PI에 대한 목장분포도를 조사한 결과 농장 감염율 35.3%와 개체 감염율 1.1%로 나타났으며, 이러한 결과는 경기도 지역에서 김(2011)이 보고한 농장 감염율 46%, 개체 감염율 1.2%와 유사한 결과다. 이러한 사실은 경남 남부지역 젖소 사육농가에서 BVD에 대한 피해를 인식하지 못하고 있을 뿐만 아니라 많은 경제적 손실이 발생하고 있음을 추정할 수 있다.

PI는 Barker 등(1993)이 보고한 바와 같이 6두 중 1두가 임상증상을 나타냈으며, 나머지 5두는 임상증상을 나타내지 않아 PI의 도태 권유 시, 인식 부족으로 농장주는 쉽게 받아들이지 않음으로써 피해를 키우고 있었다. 이번 조사에서는 PI의 항원 역가가 TI에 비하여 7배 정도 높게 나타났으며 이는 PI가 TI보다

많은 양의 바이러스를 배출함으로써 농장의 감염원 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 또한 Barker 등(1993)이 PI는 BVDV에 대한 면역관용으로 인해 항체를 형성되지 않는다는 보고와는 달리 설사 및 탈수 증상을 보인 1개월령 PI가 항체 검사에서 양성을 보였다. 이는 모체이행항체에 의한 항체역가로 추정되며, PI가 세포변형형 BVDV와 함께 감염되면 BVD-MD가 발병하며 폐사율은 거의 100%에 이른다는 보고(Bolin 등, 1985b; Meyers와 Thiel, 1996)와 같이 폐사한 PI의 부검결과 BVD-MD로 진단되었다.

PI는 자궁 내 태아가 임신 40~120일 사이에 감염되면 면역관용현상에 의해 태어난다(Barker 등, 1993)는 보고에 따라 지속감염우의 감염시기(임신 40~120일)를 추정해 이번 결과 공통적으로 환절기 및 겨울철에 편중되어 있는 것을 확인할 수 있었으며, BVD 감염 농장에서 1월에서 3월 사이에 태어난 송아지를 제외한 나머지는 PI가 될 가능성이 높다는 것을 알 수 있다.

농장내 PI의 효과적인 색출을 위한 항원 ELISA법과 PCR법을 비교한 결과, 두 실험법의 결과는 일치하였다. 많은 개체를 한번에 검사해야하는 우군에 대한 감염을 조사를 실행할 경우, 검사시간의 단축과 경제적인 측면에서 ELISA법이 효율성이 높은 방법이라고 생각된다.

PI 보유농장과 TI 보유 농장에 대한 개체별 항체 양성률을 조사한 결과, PI 보유농장이 TI 보유 농장보다 양성률이 45% 높게 나타났으며 이러한 결과는 PI의 지속적 바이러스 배출에 따른 동거우의 감염 기회가 높기 때문이라 추정되며, PI가 백신접종을 하지 않은 감수성 동거우를 70~80% 감염시킬 수 있다는 Fulton 등(2006)의 결과와 유사하였다.

이번 연구에서 경남 남부지역의 우군내 BVDV 항체 양성률과 PI 보유농장의 감염율을 볼 때, 착유농장의 유량감소, 체세포수 증가 등 경제적 손실이 많을 것으로 보이며, BVD의 근절을 위해서는 백신에 앞서 농장 내 PI 제거 등 체계적인 방역 정책이 필요할 것으로 생각된다.

결 론

경남 남부지역의 젖소 사육농가를 대상으로 BVD에 대한 설문조사와 원유와 혈액을 채취하여 ELISA와 PCR법을 이용하여 항체 및 항원 감염실태를 조사

한 결과는 다음과 같았다. 조사농가 44호 중 88.7%가 BVD에 대한 인식이 부족하였으며 원유에 대한 항체 검사 결과 38농가(86.4%)가 항체 양성이었으며 그 중에서 18농가(47.4%)가 BVDV항체 고역가 농장이었다.

원유 BVDV항체 양성 농가 중 17농가의 543두를 채혈하여 BVDV 항원검사를 실시한 결과 8농가 12두에서 BVDV 감염이 확인되었으며, PI는 6농가(35%) 6두(1.1%)로 나타났으며 PI의 감염시기는 환절기 및 온도 스트레스가 많은 시기에 편중되어 있는 것으로 확인되었다.

농장별 항체 양성률은 검사 농가 17농가에서 모두 항체 양성인 확인되었고 검사두수 184두 중 91두(49.45%)가 항체양성을 보였으며, PI 보유 농장은 항체 양성률이 67.4%로 일시적 감염농장(45%)과 비감염 농장(34.5%) 보다 높게 나왔다.

참 고 문 헌

- 김경동. 2011. 젖소농가의 소 바이러스성 설사 바이러스 유발 지속 감염우 분석에 관한 연구. 한경대학교 대학원 박사학위논문.
- Bae YC, Kim HY, Park JW, Yoon SS, Woo GH, Lee OS, Kang MI. 2007. Prevalence for persistent infection with bovine viral diarrhoea virus in Korea native calves. *Korea J Vet Res* 47: 163-167.
- Bachofen C, Braun U, Hilbe M, Ehrensperger F, Stalder H, Peterhans E. 2010. Clinical appearance and pathology of cattle persistently infected with bovine viral diarrhoea virus of different genetic subgroups. *Vet Microbiol* 141: 258-267.
- Barker IK, Dreumel AAV, Palmer N. 1993. Bovine virus diarrhoea. pp. 149-159. In: Jubb KVF, Kennedy PC, Palmer N(ed.). *Pathology of domestic animals*. Vol. 2. 4th ed. Academic Press, San Diego.
- Barker JC. 1995. The clinical manifestations of bovine viral diarrhoea infection. *Vet Clin North Am Food Animal Pract* 11: 425-445.
- Bielefeldt Ohmann H. 1988. BVD virus antigens in tissues of persistently viraemic, clinically normal cattle: implications for the pathogenesis of clinically fatal disease. *Acta Vet Scand* 29: 77-84.
- Bolin SR, McClurkin AW, Coria MF. 1985a. Frequency of persistent bovine viral diarrhoea virus infection in selected cattle herds. *Am J Vet Res* 46: 2385-2387.
- Bolin SR, McClurkin AW, Cutlip RC, Coria MF. 1985b. Severe clinical disease induced in cattle persistently infected with noncytopathic bovine viral diarrhoea virus by superinfection with cytopathic bovine viral diarrhoea virus. *Am*

- J Vet Res 46: 573-576.
- Braun U, Schönmann M, Ehrensperger F, Hilbe M, Brunner D, Stärk KD, Giger T. 1998. Epidemiology of bovine virus diarrhoea in cattle on communal alpine pastures in Switzerland. *Zentralbl Veterinarmed A* 45: 445-452.
- Brodersen BW. 2004. Immunohistochemistry used as a screening method for persistent bovine viral diarrhoea virus infection. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 20: 85-93.
- Cornish TE, van Olphen AL, Cavender JL, Edwards JM, Jaeger PT, Vieyra LL, Woodard LF, Miller DR, O'Toole D. 2005. Comparison of ear notch immunohistochemistry, ear notch antigen-capture ELISA, and buffy coat virus isolation for detection of calves persistently infected with bovine viral diarrhoea virus. *J Vet Diagn Invest* 17: 110-117.
- Fulton RW, Hessman B, Johnson BJ, Ridpath JF, Saliki JT, Burge LJ, Sjeklocha D, Confer AW, Funk RA, Payton ME. 2006. Evaluation of diagnostic tests used for detection of bovine viral diarrhoea virus and prevalence of subtype 1a, 1b, and 2a in persistently infected cattle entering a feedlot. *J Am Vet Med Assoc* 228: 578-584.
- Grooms DL, Keilen ED. 2002. Screening of neonatal calves for persistent infection with bovine viral diarrhoea virus by immunohistochemistry on skin biopsy samples. *Clin Diagn Lab Immunol* 9: 898-900.
- Houe H, Meyling A. 1991. Prevalence of bovine viral diarrhoea (BVD) in 19 Danish dairy herds and estimation of incidence of infection in early pregnancy. *Prev Vet Med* 11: 9-16.
- Houe H, Baker JC, Maes RK, Wuryastuti H, Wasito R, Ruegg PL, Lloyd JW. 1995. Prevalence of cattle persistently infected with bovine viral diarrhoea virus in 20 dairy herds in two counties in central Michigan and comparison of prevalence of antibody-positive cattle among herds with different infection and vaccination status. *J Vet Diagn Invest* 7: 321-326.
- Houe H. 1999. Epidemiological features and economical importance of bovine virus diarrhoea virus (BVDV) infections. *Vet Microbiol* 64: 89-107.
- Houe H. 2005. Risk assessment. pp. 35-64. In: Goyal SM, Ridpath JF(ed.). *Bovine viral diarrhoea virus diagnosis, management, and control*. Blackwell Publishing, Ames.
- Houe H, Lindberg A, Moennig V. 2006. Test strategies in bovine viral diarrhoea virus control and eradication campaigns in Europe. *J Vet Diagn Invest* 18: 427-436.
- Howard TH, Bean B, Hillman R, Monke DR. 1990. Surveillance for persistent bovine viral diarrhoea virus infection in four artificial insemination centers. *J Am Vet Med Assoc* 196: 1951-1955.
- Meyers G, Thiel HJ. 1996. Molecular characterization of pestiviruses. *Adv Virus Res* 47: 53-118.
- Paisley LG, Wells S, Schmitt BJ. 1996. Prevalence of bovine viral diarrhoea antibodies in 256 U.S. cow-calf operations: a survey. *Theriogenology* 46: 1313-1323.
- Polak MP, Zmudzinski JF. 1999. Prevalence of bovine viral diarrhoea virus infection in bulls in artificial insemination centers in Poland. *Vet Microbiol* 64: 253-257.
- Schreiber P, Dubois F, Drèze F, Lacroix N, Limbourg B, Coppe P. 1999. Prevalence of bovine virus diarrhoea virus infection in Belgian white blue cattle in southern Belgium. *Vet Q* 21: 28-32.
- Taylor LF, Van Donkersgoed J, Dubovi EJ, Harland RJ, van den Hurk JV, Ribble CS, Janzen ED. 1995. The prevalence of bovine viral diarrhoea virus infection in a population of feedlot calves in western Canada. *Can J Vet Res* 59:87-93
- Walz PH, Grooms DL, Passler T, Ridpath JF, Tremblay R, Step DL, Callan RJ, Givens MD; American College of Veterinary Internal Medicine. 2010. Control of bovine viral diarrhoea virus in ruminants. *J Vet Intern Med* 24: 476-486.