

전북지역 한우의 소 바이러스성 설사 바이러스 감염 현황 조사

정우리^{1*} · 강미선² · 추금숙¹

전북특별자치도 동물위생시험소¹, 전북특별자치도 동물위생시험소 서부지소²

Infection status of bovine viral diarrhea virus in Korean native cattle in Jeonbuk State, Korea

Woo Ri Jung^{1*}, Mi Seon Kang², Keum-Suk Chu¹

¹Jeonbuk State Institute of Veterinary Service and Research, Jangsu 55632, Korea

²Jeonbuk State Institute of Veterinary Service and Research, Jeongeup 56134, Korea

Received June 4, 2024
Revised June 10, 2024
Accepted June 10, 2024

Corresponding author:

Woo Ri Jung

E-mail: jwr1227@korea.kr

https://orcid.org/0009-0002-4783-3336

Bovine viral diarrhea virus (BVDV) is distributed in cattle worldwide and causes significant economic losses to the livestock industry. Identification and remove of BVDV persistently infected (PI) cattle is very important to control BVDV infection in cattle herd. The objective of this study is to investigate the infection status of BVDV infection in Korean native cattle (*Bos taurus coreanae*) farms located in Jeonbuk State. From 2021 to 2022, a total of 1,497 samples were collected from 17 cattle farms and tested for BVDV antigen using a commercial ELISA kit. By the first ELISA testing, 24 cattle from six farms were positive for BVDV antigen, showing the farm-level or cattle-level prevalence of 35.3% or 1.6%, respectively. By the second ELISA testing which carried out with the first ELISA-positive samples after three-weeks, 12 cattle (0.8%) from five farms (29.4%) were positive for BVDV antigen, indicating these cattle were PI cattle. Genotypes of BVDV were determined with 12 BVDV-positive samples using a previously described RT-PCR assay and the results showed that 3 (25.0%) and 9 (75.0%) were confirmed to be type 1 and type 2, respectively. These results will be helpful to establish the effective control strategy for BVDV in cattle farms in Jeonbuk State.

Key Words: Bovine viral diarrhea virus (BVDV), Persistently infected (PI) cattle, PCR, ELISA, Jeonbuk State

서론

소 바이러스성 설사 바이러스(bovine viral diarrhea virus, BVDV)는 모든 일령의 소에 감수성이 있으며, 1946년 북미지역 젓소에서 설사 및 점막 궤양 등으로 처음 보고되었다(Olafson 등, 1946). BVD는 세계적으로 나타나는 대표적인 소의 소모성 질병으로(Shimizu, 1990; Houe, 1999; Ridpath 등, 2010) 모든 종류의 소에서 장 및 호흡기 질환 등의 다양한 임상증상을 나타내며, 감수성이 있는 암소는 생식기 및 태아의 감염을 유발하며 무증상이거나 치명적인 질병을 나타내기도 한다(Brownlie, 1990; Baker, 1995). 감염된 BVDV의 종류에 따라 임상 증상

의 발현 정도가 다양하며, BVDV에 감염된 개체는 면역 억제로 인하여 다른 질병에 감염되기 쉽다. 또한, 임신 초기(40~120일령)에 비세포변성 BVDV에 감염된 태아는 면역관용 현상으로 항체를 형성하지 않으면서 살아있는 동안 지속적으로 바이러스를 배출하는 지속감염(persistently infected, PI) 상태로 태어나 우군 내에서 질병을 확산시키는 보균원으로 작용한다(McClurkin AW 등, 1979; McClurkin AW 등, 1984). 이들 PI 소는 일생 동안 많은 양의 바이러스를 배출하여 농장 내 주요 전파원으로 작용하기 때문에 지속감염우의 색출과 제거는 BVD 방역에 있어 가장 중요한 요소이다. 따라서 BVD의 효과적인 통제를 위해서는 지속적으로 바이러스가 검출되는 PI 소는 색출하

여 도태하는 것이 가장 중요한 방역 요소이다(Taylor 등, 1995; Brodersen, 2004; Houe 등, 2006). 또한, 이러한 지속감염우에 세포변성 BVDV가 추가 감염될 경우에는 식육부진, 위장관 침식, 심한 설사를 동반하는 치명적인 점막병으로 진행될 수 있다.

BVDV는 *Flaviviridae*과 *Pestivirus*속의 single-stranded RNA 바이러스로, BVDV의 genotype은 5'-untranslated region (UTR), N^{pro}와 E2 region의 염기서열 변화에 따라 BVDV type 1과 BVDV type 2로 나뉘어지며, 주요 당단백질인 E2와 ERNS의 단클론항체나 유전적 분석으로 다른 *Pestivirus*와 구별될 수 있고, 혈액에서 RT-PCR로 바이러스의 유전형질을 분석할 수 있다(McGoldrick 등, 1999; Letellier와 Kerhofs, 2003). 또한 세포 변성 유무에 따라 세포 변성(cytopathic) BVDV와 비세포변성(non-cytopathic) BVDV로 구분된다(Ridpath 등, 1994; Walz 등, 2010). BVDV의 급성감염은 어린 개체에서 자주 발생되며 발열, 호흡기질환으로 갑작스러운 폐사도 가능하다. 특히 출혈성 병변과 혈소판감소증 등의 폐사율이 높은 급성형이 일부 국가에서 산발적으로 보고되었고, 제2형 바이러스 감염은 혈소판 기능의 변화를 일으키는 것으로 조사되었다(Bolin과 Ridpath, 1992; Baker, 1995).

BVDV의 감염 경로는 바이러스가 포함된 배설물이나 분비액에 의한 경구감염과 태반감염이 추가되며, 호흡기 감염 및 수정란과 정액에 의한 기계적 전파도 가능하다(Lee 등, 1991; WOA, 2024). 보편적으로 모든 연령의 소에서 감수성을 보이며, 면양, 산양, 사슴 등의 반추동물과 돼지가 자연 감염되는 것으로 알려져 있다(Lindberg, 2003; WOA, 2024). BVDV에 감염된 소는 호흡기형, 소화기-점막형, 태아기형 및 번식장애 등 다양한 증상을 보이며, 특히 임신우의 경우, BVDV 감염 시기에 따라 배아 사망, 유산, 사산, 선천적 기형, PI 소 출산 등으로 인하여 심각한 경제적 손실을 유발한다(Bolin 등, 1985; Baker, 1995; Cornish 등, 2005). 이와 같은 경제적 손실 때문에 BVDV의 근절과 예방을 위한 효과적인 방역 대책 수립이 시급한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 전북지역 한우 사육 농가의 BVDV 감염 및 PI 소 유병률을 조사함으로써 BVDV 방역 정책 수립의 기초 자료를 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료

2021년부터 2022년까지 전라북도 6개 시·군의 17개 한우 목

장으로부터 한우 1,497두의 귀 조직을 채취하였다. 채취한 귀 조직은 12시간 이내에 1차 ELISA 항원 검사를 실시하되, 실험 전까지 4℃에서 냉장 보관하였다. 1차 ELISA 항원 검사 양성인 개체에 대해서는 BVDV 2차 항원 검사를 위한 혈액을 해당 소의 정맥에서 채취하였으며, 혈액 시료는 원심분리하여 혈청을 분리한 다음, 검사 전까지 -20℃에 냉동 보관하였다.

BVDV 항원 ELISA

채취한 귀 조직에 대한 BVDV 항원 검사는 시판 BVDV Antigen ELISA Kit (IDEXX, Switzerland)를 이용하여 제조사의 설명에 따라 실시하였다. 귀 조직을 Ear Notch soaking buffer 200 µL에 완전히 잠기게 하여 실온에서 12~24시간 반응시킨 다음, 상층액 50 µL를 채취하였다. 반응 상층액 50 µL (또는 혈청 50 µL)와 Detection antibody 50 µL을 BVDV 항원이 코팅된 96-well ELISA plate에 각각 분주한 다음, 37℃에서 2시간 반응하였다. 반응액을 모두 제거한 다음 Washing buffer로 5회 세척한 다음, Conjugate 100 µL을 넣고 실온에서 30분간 반응시켰다. 동일한 방법으로 세척 단계를 거친 다음, 100 µL의 TMB를 첨가하여 실온에서 10분 반응시킨 다음 100 µL의 Stop solution을 첨가하여 반응을 정지시켰다. 검사 결과 판독은 Microplate Reader (Moleculardevice, USA)를 이용하여 450 nm 파장에서 흡광도(optical density, OD)를 측정하였으며, 시료의 OD값(S)과 음성 대조군의 OD값(NC_x)의 차가 0.3 이상일 경우에 해당시료를 양성으로 판정하였다. 1차 항원 검사에서 양성으로 판정된 개체는 3주 후 채취한 혈액(혈청) 시료를 이용하여 동일한 방법으로 2차 검사를 진행하였으며, 1차 및 2차 시험에서 공히 항원 양성으로 판정되는 개체를 PI 소로 판정하였다.

BVDV 항체 ELISA

BVDV ELISA 항원 검사에서 PI 소로 판정된 12두의 혈청에 대하여 시판 BVDV Antibody ELISA Kit (IDEXX, Switzerland)를 이용하여 제조사의 설명에 따라 항체검사를 실시하였다. Sample Diluent 100 µL와 혈청 25 µL를 BVDV 항원이 코팅된 96 well ELISA plate에 각각 분주한 후 18~26℃에서 90분 반응하였다. 반응액을 모두 제거한 다음 Washing buffer로 5번 세척한 뒤, Conjugate 100 µL을 넣고 18~26℃에서 30분 incubation 시켰다. Washing 단계 반복 후 100 µL의 TMB를 넣고 18~26℃에서 10분 반응시킨 다음 100 µL의 Stop

solution을 첨가하여 반응을 정지시켰다. 결과는 Microplate Reader (Moleculardevice, USA)를 이용하여 450nm 파장에서 OD를 측정하였고, S/P값이 0.3 이상이면 양성, 0.2 미만이면 음성, 0.2 이상 0.3 미만이면 의양성으로 판정하였다.

PCR을 이용한 BVDV 유전형 분석

BVDV ELISA 항원 검사에서 PI 소로 판정된 12두의 혈청을 이용하여 RT-PCR 검사를 실시하여 바이러스 유전형을 분석하였다. 혈청 시료를 대상으로 Maxwell RSC Viral Total Nucleic acid Purification Kit (Promega, USA)를 이용하여 제조사가 제시한 실험 방법에 따라 RNA를 추출하였다. BVDV 유전형 감별 RT-PCR은 Irianingsih 등(2019)이 보고한 primer set를 이용하여 다음과 같은 조건으로 수행하였다(Table 1). 즉, 추출한 RNA 5 µL와 common primer 각 1 µL (10 pmol)를 RT-PCR premix (Maxime RT-PCR Premix, iNtRON)에 첨가하여 reverse transcription 단계 45°C 30분과 pre-denaturation 단계 92°C 1분씩 각각 반응 후, 92°C 20초, 50°C 20초 및 68°C 45초간 40회 cycle rection 단계를 반복한 후, 68°C에서 5분간 더 반응시켰다. 이후 RT-PCR 증폭산물 2 µL과 BVDV type별 primer 각 1 µL을 PCR premix (Maxime PCR Premix, iNtRON)에 분주하여 nested PCR을 실시하였으며, 95°C 15분 후, 94°C 40초, 56°C 40초, 72°C 40초씩 35회 반복하고 최종 72°C에서 7분간 반응하였다. RT-PCR 증폭산물은 1.5% agarose gel 상에서 100 bp DNA marker와 함께 전기영동을 실시한 다음, BVDV type 별 특이 밴드의 증폭여부를 확인하였다.

결 과

BVDV 양성률 및 PI 유병률

전라북도 관내 17개 한우 목장의 1,497두 한우에 대한

BVDV 1차 항원 검사 결과, 6개 목장(35.3%)의 24두(1.6%)로 양성으로 확인되었다(Table 2). PI 소를 색출하기 위하여 3주 후에 혈액을 채취한 5개 목장의 23두(1개 목장의 양성우 1두는 이미 도축되어 시료 채취 불가)에 대하여 2차 항원 검사를 실시한 결과, 12두(52.1%)가 양성 즉, PI 소로 확인되었다. 이를 기준으로 이번 연구에서 확인된 PI 소의 농장 단위 및 개체 단위 유병률은 각각 23.9% (5/17) 및 0.8% (12/1,497)로 나타났으며, 양성농장들의 유병률은 0.9%~3.9% 사이인 것으로 조사되었다.

PI 소에 대한 BVDV 항체검사 결과

BVDV PI 소 12두의 혈청시료를 이용하여 ELISA 항체검사를 실시한 결과, 12두 모두 BVDV 항체 음성으로 확인되었다(Table 2).

PI 소의 이력 및 방역조치

BVDV PI로 판정된 12두의 성별은 암컷 6두(50.0%), 수컷 5두(41.7%) 및 거세우 1두(8.3%)이었으며, 연령은 12개월령 이하 송아지 9두(75.0%), 20개월령 이상 3두(25.0%)로 나타났다. BVDV PI 개체들은 사후 방역관리를 위해 도태 전까지 격리된 다른 우방에 사육하도록 지도하였다(Table 3).

BVDV의 유전형 분석 결과

BVDV 항원형 분석을 위하여 PI 소로 판정된 12두의 혈청 시료를 이용하여 RT-PCR을 실시한 결과, 12개의 시료 중 3개 시료에서는 360 bp 크기의 BVDV type 1 특이적인 밴드가 확인되었으며, 9개 시료에서는 604 bp 크기의 BVDV type 2의 특이적인 밴드가 확인되었다. 이 연구를 통하여 확인된 PI 소 12두 중에서 BVDV type 2가 75.0%로 BVDV type 1 (25.0%)로 3배 높음이 확인되었다(Table 4).

Table 1. Oligonucleotide primers for the detection and genotyping of BVDV

PCR Step	Primer	Nucleotide sequence (5'-3')	Size (bp)
First reaction	BVDV common	AAG ATC CAC CCT TAT GA(A/G)G C AAG AAG CCA TCA TC(A/C)C CAC A	1,100
Second reaction	BVDV type 1	TGG AGA TCT TTC ACA TAG C GCT GTT TCA CCC AGT T(A/G)TA CAT	360 (nested)
	BVDV type 2	GGG AAC CAT AGA ACT AAA TC GCT GTT TCA CCC ACT T(A/G)TA CAT	604 (nested)

Table 2. Detection of BVDV antigen and antibody in Korean native cattle farms in Jeonbuk State

Farm No.	Regions	1 st Ag-ELISA		2 nd Ag-EISA		Ab-ELISA		Prevalence of PI cattle (%)
		No. of tested	No. of positive	No. of tested	No. of positive	No. of tested	No. of negative	
1	IkSan	110	0	NA*	NA	NA	NA	-
2	WanJu	89	0	NA	NA	NA	NA	-
3	JinAn	329	0	NA	NA	NA	NA	-
4	GimJe	98	1	1	1	1	1	1.0
5	JangSu	65	0	NA	NA	NA	NA	-
6	WanJu	101	1	1	1	1	1	0.9
7	JangSu	87	0	NA	NA	NA	NA	-
8	WanJu	48	0	NA	NA	NA	NA	-
9	GimJe	12	0	NA	NA	NA	NA	-
10	GimJe	4	0	NA	NA	NA	NA	-
11	WanJu	54	1	NA	NA	NA	NA	-
12	WanJu	132	11	11	5	5	5	3.7
13	MuJu	19	0	NA	NA	NA	NA	-
14	WanJu	82	8	8	3	3	3	3.6
15	WanJu	37	0	NA	NA	NA	NA	-
16	GimJe	72	0	NA	NA	NA	NA	-
17	WanJu	158	2	2	2	2	2	1.2
Total	Jeonbuk	1,497	24	23	12	12	12	0.8

*NA, Not applicable.

Table 3. Details of persistently infected cattle detected in this study

No.	Regions	Sex	Age (month)	Post management
1	GimJe	Female	7	Isolation from other cattle
2	WanJu	Female	23	Isolation from other cattle
3	WanJu	Male	10	Isolation from other cattle
4	WanJu	Male	10	Isolation from other cattle
5	WanJu	Female	9	Isolation from other cattle
6	WanJu	Male	9	Isolation from other cattle
7	WanJu	Male	8	Isolation from other cattle
8	WanJu	Male	12	Isolation from other cattle
9	WanJu	Female	12	Isolation from other cattle
10	WanJu	Female	12	Isolation from other cattle
11	WanJu	Steer	21	Isolation from other cattle
12	WanJu	Female	20	Isolation from other cattle

Table 4. Genotype of BVDV detected from 12 persistently infected cattle

	BVDV type 1	BVDV type 2	Total
No. of positive (%)	3 (25.0%)	9 (75.0%)	12 (100%)

고찰

BVD는 소에서 만성소모성 질환을 일으키는 대표적인 질병으로 치료 및 근절이 어려워 전 세계적으로 소 산업에 막대한 경제

적 피해를 주는 질병이다. 국내에서도 BVD 발생 건수가 점차 증가하고 있지만, 이에 반해 질병에 대한 농장의 인지도가 매우 낮은 상황으로 BVD로 인한 축산농가의 경제적 손실이 막대할 것으로 추정된다(Kim, 2011). 경남 남부지역 젖소 사육 44농가에

대한 BVD에 대한 인지도 조사에서 5호(11.36%)만 질병에 대해 알고 있었으며, 39호(88.63%)는 질병에 대하여 모르고 발생 시 경제적 손실을 인지하지 못하고 있었다(Park 등, 2013). 또한 국내 가축전염병예방법에 BVD가 법정 가축전염병으로 지정되어 있지 않으며, BVD에 대한 유병률 및 피해 정도 등 체계적인 조사가 거의 이루어지지 못하고 있다. 이전 국내 연구에 의하면 총 8종의 BVDV subtype (1a, 1b, 1c, 1d, 1m, 1n, 1o, 2a)이 확인되었으며, 그 중 BVDV-1b와 BVDV-2a가 국내 소 농장에 우세종으로 자리잡고 있다고 알려져 있다(Oem 등, 2009; Ome 등, 2010; Choi와 Song, 2011; Joo 등, 2013; Han 등, 2018). 현재 BVD의 예방을 위해서는 백신 접종 및 감염원의 조기 색출이 가장 효과적인 수단으로 대두되고 있기 때문에, 주기적인 바이러스 변이와 유전형에 따른 감시를 통하여 적절한 백신접종과 PI의 색출 및 사후관리 방안에 대한 지침이 필요하다. 독일을 포함한 일부 유럽 국가에서는 BVD로 인한 경제적인 피해를 줄이기 위해 백신정책과 더불어 PI의 색출을 위한 항체 및 항원검사를 지속적으로 실시하고 있다(Houe 등, 2006). 국내에서도 지자체 방역기관을 통해 지역별 항체 및 항원 조사가 이루어지고 있다.

Park 등(2013)이 경남 남부지역 젖소에서 1차 항원 양성은 8호(47%), 개체별 12두(2.2%)였고, 3주 후 PI 소 감별에서 6호(35.3%), 6두(1.1%)가 PI 소로 판정되었으며, 항체는 49.4% 양성으로 조사되었다. Cho 등(2013)은 전국 8개도 한우의 PI 소 조사에서 농장 29호 중 12호(41.4%), 개체별 4,260두 중 27두(0.63%), 항체 양성은 72.2%이며, PI 소 양성농가 12호 중 백신접종 농가는 4호로 조사되었다. Son 등(2021)의 경남지역 한우 및 젖소의 PI 소 조사에서 1차 항원 양성은 9호(37.5%), 개체별 14두(0.5%)였고, 4주 후 PI 소 감별에서 14두 중 3두는 검사가 불가하였고, 5호(20.8%) 8두(0.3%)가 양성으로 판정되었다. 또한 유전형은 BVDV-1b 13주와 BVDV-2a 1주가 분리되었다. 이 연구에서 전라북도 농장별 29.4% 및 개체별 0.8%의 PI 소 보유율을 보였으며, 다른 지역의 PI 소 검출률과 비슷한 수치임을 확인할 수 있었고, 유전형은 BVD-1가 3주, BVD-2가 9주로 분리되었으나 완주군의 특정지역에 한정되어 있고, BVDV 항원 양성률과 PI 소 보유율 및 유전형에 대한 조사로는 부족하여 향후 추가적인 조사가 필요하다.

국내에서 판매되는 BVDV 백신은 불활화된 BVDV-1a을 포함하고 있고, 소 호흡기 질병 바이러스와 혼합백신으로 주로 임신우의 분만 전에 송아지 설사 예방백신인 로타 및 코로나바이러스 백신들과 함께 접종되는 실정이다. 또한 소 농가는 농장간 거래 시에 결핵병과 브루셀라병에 대한 검사가 의무화되어 있으

나 BVD와 그 외 다양한 질병들에 대한 인식도는 부족하기 때문에 이들 질병의 사전 예방과 방역관리 방안에 대한 교육이 필요하다. 또한 육종농가는 결핵, 브루셀라병, 구제역 및 요네병 4종에 대한 검사만을 실시하고 있어, 번식우 및 육종농가를 대상으로 BVDV의 검사와 농장간 소 거래 시 검사를 권고하고, PI 소에 대한 지속적인 관리가 요구된다.

BVD를 통제하기 위한 전략이 국가별로 다양하며, 독일은 2011년부터 BVD 근절을 위하여 송아지의 BVD 검사 의무화와 PI 소는 즉시 도태하거나 7일 이내에 도축하며 음성축만 거래하도록 하고 있다. 이러한 노력으로 PI 소는 2011년 3.44%에서 2013년 0.16%로 감소하였다(Gethmann 등, 2019). 국내에서도 BVD를 통제하기 위한 소 농가의 번식우와 육성우를 사육하는 형태에 따라 BVD의 질병을 관리하기 위한 농가의 방역관리 프로그램의 개발과 지속적인 유전형 감시를 통한 감시가 필요하다. 따라서 BVD 근절과 예방을 위해 소 농가를 대상으로 예방접종 프로그램의 중요성에 대한 적극적인 홍보와 함께 정기적인 BVD 검사로 양성축을 색출하여 도태하는 방역지침을 수립하고 농가의 자발적인 참여를 유도하여야 생산성 향상에 기여할 것으로 판단된다.

결론

2021년 및 2022년에 전북 지역의 17개 목장의 한우 1,497두를 대상으로 BVDV 항원 ELISA 및 RT-PCR 검사 결과, 5개 목장의 12두가 BVDV PI 소로 확인되어 농장 단위 및 개체 단위 양성률은 각각 29.4% 및 0.8%로 조사되었다. BVDV PI 소 12두의 양성 시료를 이용하여 항원형을 분석한 결과, BVDV type 1 및 type 2는 각각 25.0% 및 75.0%로 확인되었다. 이러한 결과는 전라북도 소 사육농가에 대한 지속적인 BVD 모니터링을 통한 BVDV 감염양상 파악과 함께 농장 맞춤형 방역대책 수립이 필요함을 보여준다.

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Woo Ri Jung, <https://orcid.org/0009-0002-4783-3336>

Mi Seon Kang, <https://orcid.org/0009-0005-6675-3771>

Keum-Suk Chu, <https://orcid.org/0009-0004-3430-1474>

REFERENCES

- Baker JC. 1995. The clinical manifestations of bovine viral diarrhoea infection. *Vet Clin North Am Food Animal Practice* 11(3): 425-445.
- Bolin SR, McClurkin AW, Coria MF. 1985. Frequency of persistent bovine viral diarrhoea virus infection in selected cattle herds. *Am J Vet Res* 46: 2385-2387.
- Bolin SR, Ridpath JF. 1992. Differences in virulence between two noncytopathic bovine viral diarrhoea viruses in calves. *Am. J. Vet Res* 53: 2157-2163.
- 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.
- Brownlie J. 1990. The pathogenesis of bovine virus diarrhoea virus infections. *Rev sci tech. Off. int. Epiz* 9(1): 43-59.
- Cho JS, Kim KD, Park HJ, Lim YS, Hong SH, Seol CW, Ryu HJ, Sin RJ. 2013. Prevalence for persistently infected cattle with bovine viral diarrhoea virus in Korea. *Korean J Vet Serv* 36: 105-110.
- Choi KS, Song MC. 2011. Epidemiological observations of bovine viral diarrhoea virus in Korean indigenous calves. *Virus Genes* 42: 64-70.
- 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.
- Gethmann J, Probest C, Bassett J, Blunk P, Hövel P, Conraths FH. 2019. An epidemiological and economic simulation model to evaluate strategies for the control of bovine virus diarrhoea in Germany. *Front Vet Sci* 406: 1-14.
- Han DG, Ryu JH, Park JH, Choi KS. 2018. Identification of a new bovine viral diarrhoea virus subtype in the Republic of Korea. *BMC Vet Res* 14: 223.
- Houe H. 1999. Epidemiological features and economical importance of bovine virus diarrhoea virus (BVDV) infections. *Vet Microbiol* 64: 89-107.
- 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.
- Irianingsih SH, Wuryastuty H, Wasito R, Wibawa H, Tjatur Rasa FS, Poermadajaja B. 2019. Genetic analysis of NS5B gene from bovine viral diarrhoea virus-infected cattle in Central and East Java, Indonesia. *Veterinary World* 12(7): 1108-1115.
- Joo SK, Lim SI, Jeung HY, Song JY, Oem JK, Mun SH, An DJ. 2013. Genome sequence of bovine viral diarrhoea virus strain 10JJ-SKR, belonging to genotype 1d. *Genome Announc* (1): 4.
- Kim GD. 2011. Studies on the analysis of persistently infected bovine viral diarrhoea virus in dairy cattle farms. Hankyong National University.
- Lee JH, Han YD, Youk SY, Kim NS, Chang SM, Chong JY, Kim DH. 1991. Serological survey of cattle on bovine viral diarrhoea in Young Dong Province. *Korean J Vet Serv* 14: 148-153.
- Letellier C, Kerkhofs P. 2003. Real-time PCR for simultaneous detection and genotyping of bovine viral diarrhoea virus. *J. Virol. Methods* 114: 21-27.
- Lindberg ALE. 2003. Bovine viral diarrhoea virus infections and its control. A review. *Vet Q* 25: 1-16.
- McClurkin AW, Coria MF, Cutlip RC. 1979. Reproductive performance of apparently healthy cattle persistently infected with bovine viral diarrhoea virus. *J Am Vet Med Assoc* 174: 1116-1119.
- McClurkin AW, Littledike ET, Cutlip RC, Frank GH, Coria MF, Bolin SR. 1984. Production of cattle immunotolerant to bovine viral diarrhoea virus. *Can J Comp Med* 48: 156-161.
- Mcgoldrick A, Bensaude E, Ibata G, Sharp G, Paton DJ. 1999. Closed one-tube reverse transcription nested polymerase chain reaction for the detection of pestiviral RNA with fluorescent probes. *J. Virol.*

- Methods 79: 85-95.
- Oem JK, Hyun BH, Cha SH, Lee KK, Kim SH, Kim HR, Park CK, Joo YS. 2009. Phylogenetic analysis and characterization of Korean bovine viral diarrhea viruses. *Vet Microbiol* 139: 356-60.
- Olafson P, Mac CA, Fox FH. 1946. An apparently new transmissible disease of cattle. *Cornell Vet* 36: 205-213.
- Ome JK, Chung JY, Roh IS, Kim HR, Bae YC, Lee KH, Jin YH, Lee OS. 2010. Characterization and phylogenetic analysis of bovine viral diarrhea virus in brain tissue from nonambulatory (downer) cattle in Korea. *J Vet Diagn Invest* 22: 518-23.
- Park JS, Park JK, Cho EJ, Kim EG, Lee JM, Kim DK, Son SK. 2013. Prevalence of bovine viral diarrhea virus from dairy cattle farms in Gyeongnam southern area, Korea. *Korean J Vet Serv* 36(1): 7-13.
- Ridpath JF, Bolin SR, Dubovi EJ. 1994. Segregation of bovine viral diarrhea virus into genotypes. *Virology* 205: 66-74.
- Ridpath JF, Fulton RW, Kirkland PD, Neill JD. 2010. Prevalence and antigenic differences observed between bovine viral diarrhea virus subgenotypes isolated from cattle in Australia and feedlots in the southwestern United States. *J Vet Diagn Invest* 22(2): 184-191.
- Shimizu M. 1990. Current situation of bovine virus diarrhoea-mucosal disease (BVD-MD) virus infections and their antigenic diversity in Hokkaido, Japan. *Rev Sci Tech* 9(1): 181-194.
- Son YS, Cho SH, Ji JM, Cho JK, Bang SY, Choi YJ, Kim CH, Kin WH. 2021. Prevalence study of bovine viral diarrhea virus (BVDV) from cattle farms in Gyeong-sangnam-do, South Korea in 2021. *Korean J Vet Serv* 45(3): 211-219.
- Taylor LF, Van Donkersgoed J, Dubovi EJ, Harland RJ, van den Hurk JV, Ribble CS, Janzen ED. 1995. The prevalence of bovine viral diarrhea 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. 2010. Control of Bovine Viral Diarrhea Virus in Ruminants. *J Vet Intern Med* 24: 476-486.
- World Organisation for Animal Health (WOAH). 2024. Bovine viral diarrhoea (Chapter 3.4.7). *WOAH Terrestrial Manual* 2024.