

< Original Article >

경북 북부지역의 한우에 대한 진드기매개성 병원체의 감염실태 조사

조재청¹ · 전우진¹ · 김선수¹ · 김성국^{2*}

경상북도가축위생시험소 북부지소¹, DK 동물병원²

A survey for tick-borne pathogens in Korean native cattle from northern area of Gyeongbuk

Jae-Cheong Cho¹, Woo-Jin Jeon¹, Seon-Soo Kim¹, Seong-Guk Kim^{2*}

¹North-Branch, Gyeongbuk Veterinary Service Laboratory, Andong 36621, Korea

²DK Animal Hospital, Chilgok 39858, Korea

(Received 25 February 2016; revised 4 March 2016; accepted 15 March 2016)

Abstract

This study was carried out to investigate the tick-borne pathogens from one hundred nineteen cattle farms (38 farms of Andong, 41 of Yeongju, 12 of Uiseong, 5 of Cheongsong, 5 of Yoengyang, 18 of Bonghwa) in northern areas of Gyeongbuk province by polymerase chain reaction (PCR). Among 119 cattle farms, the positive ratios against *Babesia*, *Theileria*, *Anaplasma*, *Ehrlichia* and *Rickettsia* were 3.4% (4/119), 10.1% (12/119), 6.7% (8/119), 1.7% (2/119) and 16.8% (20/119), respectively. Also, the PCR results revealed that 8 farms were positive for *T. sergenti* in positive of *Theileria* and 2 farms were positive for *A. phagocytophilum* in positive of *Anaplasma*. Therefore, further studies regarding vectors, environmental condition, interaction between domestic and wild animals and development of control program are needed to reduce the numbers of bovine tick-borne disease in northern areas of Gyeongbuk province.

Key words : Korean native cattle, Tick-borne pathogens, *Babesia*, *Theileria*, *Anaplasma*, *Ehrlichia*, *Rickettsia*, PCR

서 론

최근 우리나라의 기후는 아열대화 되면서 열대성 신종질병 발생 가능성이 높아지고 있고 교통망의 발달, 철새의 대륙간 이동에 따른 외래 풍토성 질환을 보유한 매개체 및 병원체 유입이 우려되는 상황이다. 이러한 기후 변화는 진드기와 모기 등의 각종 질병을 매개하는 절족동물의 개체 수 증가 및 다양화를 야기하므로 이에 대한 지속적인 모니터링이 요구되고 있다.

국내에서도 여러 지역에 걸쳐 소, 사슴, 말 등의 가축과 야생동물 등에 대한 진드기매개성 질병에 대한 연구를 수행하고 있다. 진드기는 직접적으로 흡혈에

의한 빈혈 및 면역력 감소 등으로 2차 질병을 야기하고 간접적으로 주혈원충, 리켓치아, 세균 및 바이러스에 의한 질병을 전파하는 것으로 알려져 있다 (Soltys, 1973). 진드기매개성 질병은 감염 후 1~4주가 지나면 용혈로 인한 빈혈, 백혈구감소증 등의 증상이 발현되고, 경우에 따라 보균가축으로 남아 전파체 역할을 하게 되므로 양축농가에 커다란 피해를 가져올 수 있다(Lee 등, 1994).

바베스열원충과(*Babesiidae*)에 속하는 *Babesia*와 범안열원충과(*Theileriidae*)에 속하는 *Theileria*는 이형열원충목(*Piroplasmida*)에 포함되는 원생생물이다(Homer 등, 2000). *Babesia*에 속하는 *B. bovis*, *B. bigemina* 등은 bovine babesiosis를 일으키는 원인체로서 꼬리소참진드기(*Boophilus microplus*) 등에 의해 매개되며 감염

*Corresponding author: Seong-Guk Kim, Tel. +82-70-4806-7392, Fax. +82-70-4806-7392, E-mail. ksk8719007@hanmail.net

된 동물은 급성형의 경우 연령, 면역상태, 복합감염 및 유전적인 요인에 따라 빈혈, 황달, 혈색소뇨, 운동실조, 허약, 식욕결핍, 발열 등의 임상증상을 동반하지만 만성형의 경우 보통 증상이 잘 나타나지 않는다(Homer 등, 2000; Schnittger 등, 2012). 그리고 *B. bovis*에 감염되면 *B. bigemina*에 의한 감염보다 더 증상이 심하고 치료가 어려운 것으로 알려져 있다(Ristic, 1981; Callow, 1984). Benign theileriosis는 *Theileria*에 속하는 *T. sergenti*, *T. orientalis* 등에 의해 발생되는데 주로 작은소참진드기(*Haemophysalis longicornis*)에 의해 전파되며 빈혈과 림프절의 종대 등의 증상을 보이고 태반을 통한 수직감염이 보고되었다(Baek 등, 1993; Professor association of Korea veterinary parasitology, 2005). 또한 국내에서는 젖소보다 한우와 교잡우에서 *T. sergenti*에 대한 저항성이 더 큰 것으로 나타났다(Jang와 Suh, 1990; Seo 등, 2011). *Anaplasma*, *Ehrlichia* 및 *Rickettsia*는 리케차목(*Rickettsiales*)에 속하는 외부기생충으로, 소에서 *A. centrale*와 *A. marginale*에 의해 발생하는 anaplasmosis는 황달, 빈혈, 심한 수척, 폐사가 주증으로 나타나며 회복되더라도 지속감염으로 남아 농장에서 보균체 역할을 하고 *A. phagocytophilum*의 감염으로 유발되는 Tick-borne fever는 매개체인 진드기로 인한 계절적인 발생양상을 보이며 유산, 유량감소, 다호흡, 기면, 발열 등의 증상을 나타낸다(Waner 등, 2010).

본 실험은 경북 북부지역에서 사육되는 한우를 대상으로 진드기매개성 질병의 병원체인 주혈원충과 리케차아성 질병의 원인체를 검사하여 시·군별 감염실태를 조사하고 진드기가 활동하는 시기에 한우 사육 농가의 사양관리 및 예방법 설정 등에 대한 기초 자료로 활용하고자 수행되었다.

재료 및 방법

공시축 및 검사시료

진드기 매개성 질병을 조사하기 위해 경상북도 북부지역의 시·군별 한우 사육두수 및 지리적인 특성 등을 고려하여 안동 38호, 영주 41호, 의성 12호, 청송 5호, 영양 5호, 봉화 18호를 선정하여 총 119농가에서 사육되고 있는 한우를 대상으로 헤파린으로 항응고제 처리된 채혈튜브로 8마리씩 혈액을 채취한 후, 전혈을 2마리씩 하나로 pooling하여 농가당 4개의

시료로 만들어 총 476개의 시료를 검사하였다.

DNA 추출 및 검사대상 원인체

6개 시·군에서 모아진 476개의 혈액 시료는 자동 핵산 추출키트(MagCore HF16, RBC Bioscience Co.)를 이용하여 DNA를 분리하고 -20°C 에서 냉동 보관하여 실험하였다. 추출한 DNA는 시판 중인 PCR kit (Bioneer, Korea)를 이용하여 1차적으로 *Babesia* spp., *Theileria* spp., *Anaplasma* spp., *Rickettsia* spp. 및 *Ehrlichia* spp.에 대해 검사하였고 그 결과를 바탕으로 2차적으로 *B. bovis*, *B. bigemina*, *T. sergenti*, *A. centrale*, *A. marginale*, *A. phagocytophilum*, *E. chaffeensis*의 검출을 시도하였다.

PCR 검사

***Babesia*와 *Theileria*의 PCR 검사:** 시판 중인 AccuPower[®] Babesia & Theileria PCR kit (Bioneer, Korea)를 이용하여 DNA추출 산물에 대한 실험을 실시한 후 검사결과 양성인 시료에 대해 AccuPower[®] Babesia PCR kit (Bioneer, Korea)와 AccuPower[®] Theileria PCR kit (Bioneer, Korea)를 사용하여 *Babesia*와 *Theileria*를 검사하였다.

***B. bovis*, *B. bigemina* 및 *T. sergenti*의 PCR 검사:** *Babesia*와 *Theileria*에 양성반응을 나타낸 시료는 Figueroa 등(1993)에 따라 BoF와 BoR primer를 사용하여 *B. bovis*, BilA와 BilB primer로 *B. bigemina*에 대한 PCR 검사를 수행하였고, *T. sergenti*의 검사에 KTS1-R forward primer와 KTS1-R backward primer를 이용하여 실험을 실시하였다(Song과 Sang, 2003).

***Anaplasma*, *Rickettsia* 및 *Ehrlichia*의 PCR 검사:** 리케차아목에 속하는 *Anaplasma*, *Rickettsia* 및 *Ehrlichia*는 AccuPower[®] Rickettsiales 3-Plex PCR kit (Bioneer, Korea)를 이용하여 1차적으로 476개의 시료에 대하여 검사를 수행하였다.

***A. centrale*, *A. marginale*, *A. phagocytophilum* 및 *E. chaffeensis*의 PCR 검사:** *Anaplasma*에 양성으로 검출된 시료에 대하여 *A. centrale*, *A. marginale* 및 *A. phagocytophilum*에 대한 PCR 검사를 하고, *Ehrlichia*에 양성인 DNA 추출물에 대해서는 *E. chaffeensis*의 검사를 실시하였다. *A. centrale*는 external primer로 AC1826과 AC2367, internal primer로 CIS1925와 CIS2157을 사용하여 one-stage nested PCR을 수행하였고 *A. margin-*

ale의 경우 AM456과 AM1164을 external primer, AM100와 AM101을 internal primer로 사용하여 nested PCR을 실시하였다(Molad 등, 2005). *A. phagocytophilum*도 nested PCR을 진행하여 EE1과 EE2 primer로 일차 PCR을 수행하고, EE3과 EE4 primer로 nested PCR을 실시하였다(Barlough 등, 1996). 또한 *E. chaffeensis*도 ECC와 ECB primer로 일차 PCR을 하고(Dawson 등, 1994), HE1과 HE3 primer로 nested PCR을 하였다(Murphy 등, 1998).

PCR product의 확인

증폭된 PCR product는 Red Safe (Intron Biotechnology, Korea)를 첨가한 1.5% agarose gel에 110V로 40분간 전기영동을 하였고, size marker로 100 bp DNA ladder (Intron Biotechnology, Korea)를 사용하여 UV transilluminator (Gel Logic 1500, USA)로 특이밴드를 관찰 하였다.

결 과

진드기매개성 병원체에 대한 각각의 특이유전자부위의 PCR 증폭결과는 Fig. 1과 같이 나타났다. *Babesia*의 PCR 결과를 보면 안동의 경우 38호 중 3호(7.9%), 봉화에서 18호 중 1호(5.6%)에서 양성 반응이 나타나 119호 중에서 *Babesia* spp.가 검출된 것이 4호로 3.4%의 감염률을 보였다. *Theileria* spp.는 안동, 영주, 청송, 봉화에서 각각 9호(23.7%), 1호(2.4%), 1호(20%), 1호(5.6%)에서 검출되어 119호 중 12호에서 양성반응이 나와 감염률이 10.1%를 나타내었다. 6개 시·군 중에서 *Anaplasma* spp.가 검출된 곳은 봉화를 제외한 안동, 영주, 의성, 청송, 영양의 5개 시·군에

서 각각 1호(2.6%), 1호(2.4%), 1호(8.3%), 3호(60%), 2호(40%)로 119호에서 6.7%의 감염률을 나타내었다. *Ehrlichia* spp.의 경우는 의성에서 12호 중 1호(8.3%), 청송에서 5호 중 1호(20%)에서 검출되어 감염률이 6개 시·군에서 1.7%로 나타났다. *Rickettsia* spp.는 안동, 영주, 의성, 청송, 영양, 봉화에서 모두 검출되어 각각 4호(10.5%), 1호(2.4%), 5호(41.7%), 4호(80%), 4호(80%), 2호(11.1%)에서 양성반응이 나타나 119호 중 16.8%의 감염률을 나타내었다(Table 1).

Babesia spp., *Theileria* spp., *Anaplasma* spp. 및 *Ehrlichia* spp.의 PCR 검사에서 양성반응을 나타낸 각각의 시료에 대해 2차적으로 *B. bovis*, *B. bigemina*, *T. sergenti*, *A. centrale*, *A. marginale*, *A. phagocytophilum*, *E. chaffeensis*에 대하여 검사를 실시한 결과 *T. sergenti*와 *A. phagocytophilum*이 검출되었고 나머지는 전기영동에서 특이밴드가 관찰되지 않았다. *T. sergenti*의 PCR 결과를 보면 *Theileria* spp.가 검출된 안동, 영주, 청송 각각 6호(66.7%), 1호(100%), 1호(100%)에서 양성반응이 나타났고, *A. phagocytophilum*의 경우 *Anaplasma* spp.가 검출된 시·군 중에서 안동, 영주에서 각각 1호씩 양성밴드가 관찰되었다. 이를 중

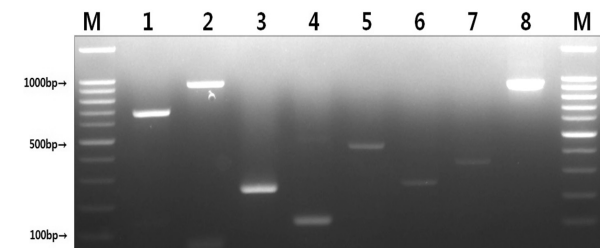


Fig. 1. Detection of thick-borne disease pathogen by PCR. Lane M : 100 bp DNA ladder, lane 1: *Babesia* spp. & *Theileria* spp.(676 bp), lane 2: *Babesia* (932 bp), lane 3: *Theileria* (239 bp), lane 4: *T. sergenti* (128 bp), lane 5: *Anaplasma* (429 bp), lane 6: *Rickettsia* (252 bp), lane 7: *Ehrlichia* (340 bp), lane 8: *A. phagoc-ytophilum* (926 bp).

Table 1. Detection of thick-borne pathogens in northern area of Gyeongbuk province

County	Number of PCR positive (%)					
	Thick-borne pathogens	<i>Babesia</i> spp.	<i>Theileria</i> spp.	<i>Anaplasma</i> spp.	<i>Ehrlichia</i> spp.	<i>Rickettsia</i> spp.
Andong (n=38)	13 (34.2)	3 (7.9)	9 (23.7)	1 (2.6)	0 (0)	4 (10.5)
Yeongju (n=41)	3 (7.3)	0 (0)	1 (2.4)	1 (2.4)	0 (0)	1 (2.4)
Uiseong (n=12)	4 (33.3)	0 (0)	0 (0)	1 (8.3)	1 (8.3)	5 (41.7)
Cheonsong (n=5)	4 (80)	0 (0)	1 (20)	3 (60)	1 (20)	4 (80)
Yeongyang (n=5)	4 (80)	0 (0)	0 (0)	2 (40)	0 (0)	4 (80)
Bonghwa (n=18)	4 (22.2)	1 (5.6)	1 (5.6)	0 (0)	0 (0)	2 (11.1)
Total (n=119)	32 (26.9)	4 (3.4)	12 (10.1)	8 (6.7)	2 (1.7)	20 (16.8)

합하여 볼 때 *T. sergenti*는 전체 119호 중에서 8호에서 양성반응을 나타내어 6.7%의 감염률을 보였고, *A. phagocytophilum*은 2호에서 양성반응을 보여 감염률이 1.7%를 나타내었다. 또한 *T. sergenti*와 *A. phagocytophilum*에 모두 양성반응을 보이는 농가를 조사해본 결과 안동 1호에서 중복감염이 확인되었다 (Table 2).

고 찰

진드기는 사람, 가축 및 야생동물 등의 매개 숙주에 직·간접적으로 피해를 입히는 외부 기생충으로, 심각한 질병을 일으키며 생명을 위협하는 원충, 리케차, 세균 및 바이러스 등의 다양한 병원성 미생물을 전파하는 매개체로 잘 알려져 있다(Alekseev 등, 2001; Fournier와 Raoult, 2004). 또한 사람과 동물에 감염되어 진드기 매개성 질병을 일으키는 병원체로 *Babesia*, *Theileria*, *Anaplasma*, *Rickettsia* 및 *Ehrlichia* 등은 전 세계적으로 분포하고 있다(Murphy 등, 1998; Fournier와 Raoult, 2004; Radostits 등, 2007). 사슴과 설치류 등의 야생동물은 진드기 매개성 질병 병원체의 중요한 reservoir의 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Dawson 등, 1994; Murphy 등, 1998; Liz 등, 2002; Chae 등, 2003). 그리고 전 세계적으로 온난화가 진행됨에 따라 기후변화로 인한 진드기의 서식 및 분포가 변화하고 있으며 그 결과로 babesiosis와 같은 진드기 매개성 질병이 발생하는 지역도 바뀌고 있다(Leschnik 등, 2008; Léger 등, 2013).

이번 연구는 경상북도 북부지역 6개 시·군의 한

우 사육 농가 119호를 대상으로 진드기 매개성 질병 병원체인 *Babesia*, *Theileria*, *Anaplasma*, *Rickettsia* 및 *Ehrlichia*에 대한 감염실태를 조사하였다.

소의 babesiosis를 일으키는 주요 원인체는 *B. bovis*, *B. bigemina*, *B. divergens*가 있고 그 외 *B. major*, *B. ovata*, *B. occultans* 및 *B. jakimovi* 등도 소에 감염을 일으킬 수 있다(Radostits 등, 2007). Schnittger 등 (2012)과 Gohil 등(2013)은 전 세계 소의 절반 이상이 *Babesia* 감염과 그로 인한 질병의 위험에 직면해 있고 감염되면 폐사, 유산, 유량감소와 예방 및 치료비용의 증가 등의 피해를 가져온다고 발표하였다. 본 실험에서 *Babesia* spp.는 119호 중에서 4호(3.4%)에서 양성반응이 나왔으며 *B. bovis*와 *B. bigemina*는 검출되지 않았다.

Theileriosis는 주로 *T. annulata*, *T. mutant*, *T. parva*, *T. sergenti* 등에 의해 발생하는 질병으로 Kubota 등 (1996)과 Choi 등(1997)은 동아시아 지역에서는 주로 *T. sergenti*가 소에 감염된다고 보고하였다. 그 동안 국내에서 사육되는 한우와 젖소의 *T. sergenti*의 감염률을 보면 Baek 등(1993)은 경기도에서 35%, 전라북도 50%, 제주도 100%로 보고하였고 Song과 Sang (2003)은 충남지역의 한우에서 67.8%의 감염률을 보였는데 그 중 방목하는 한우는 76.1%, 방목하지 않는 한우는 51%를 나타내었다. Lee(2006)는 제주도의 방목하는 한우와 젖소에 대한 감염률을 조사한 결과 젖소는 98.3%, 한우는 76.3%, Seo 등(2011)은 경북 동부지역의 소에서 21.7%의 감염률을 나타냈고 그중 66.7%는 방목지역, 15.8%는 비방목지역으로 조사되었다. 이를 보면 온난한 기후, 방목하여 사육하는 경우와 한우보다 젖소에서 발병률이 높게 나타남을 알 수 있다. 경북 북부지역 한우농가의 *T. sergenti*에 대한 감염률을 보면 119호의 한우농가 중에서 8호에서 *T. sergenti* 양성반응이 나타나 6.7%를 나타내었다.

국내에서 Heo 등(2002)과 Park 등(2003)은 병인이 불명확한 열성 질병을 겪는 환자들의 혈청에서 *A. phagocytophilum*과 *E. chaffeensis*의 항체를 확인한 바 있고, Kim 등(2003)은 초지와 동물에서 채취한 진드기에서 9.9%의 비율로 *A. phagocytophilum*의 유전자 증폭을 보고하였고, Lee 등(2005)은 경기도에서 채집한 진드기 489마리 중에서 26마리에서 *E. chaffeensis*의 검출을 보고하였다. 본 실험에서는 119호의 한우 사육농가 중에서 8호에서 *Anaplasma* spp.가 확인되었고 그 중 2호에서 *A. phagocytophilum*의 양성반응을 확인할 수 있지만, *E. chaffeensis*는 *Ehrlichia* spp.가 검

Table 2. Percentage and mixed infection of *T. sergenti*, and *A. phagocytophilum* PCR positive

County	Number of PCR positive / No. of tested <i>Theileria</i> spp. and <i>Anaplasma</i> spp. positive farms (%)		Number of mixed infection
	T*	A**	
Andong	6/9 (66.7)	1/1 (100)	1
Yeongju	1/1 (100)	1/1 (100)	-
Uiseong	-	0/1 (0)	-
Cheonsong	1/1 (100)	0/3 (0)	-
Yeongyang	-	0/2 (0)	-
Bonghwa	0/1 (0)	-	-
Total	8/12 (66.7)	2/8 (25)	1

T. sergenti*, *A. phagocytophilum*.

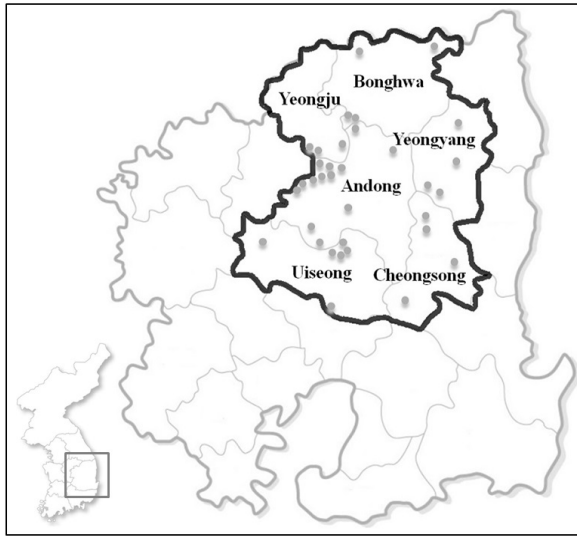


Fig. 2. Location of thick-borne pathogens positive farms.

출된 2호를 검사한 결과 유전자 증폭이 확인되지는 않았다. *A. phagocytophilum*이 검출된 2호중 1호는 *T. sergenti*와 중복감염 되어 있는 것을 관찰할 수 있었는데 이러한 결과로 미루어 보아 진드기 매개성 질병이 의심되는 농가의 검진이나 관련된 연구에 있어서 반드시 여러 병원체의 검출을 감안하고 수행해야 할 것으로 사료된다.

지역별로 진드기 매개성 병원체가 검출된 농가를 보면 안동이 13호로 가장 많았고 영주가 3호로 가장 적었으며 의성, 청송, 영양, 봉화는 각각 4호로 나타났다(Table 1). 이는 National Institute of Biological Resources(2011)의 연구보고서 『야생동물 서식실태조사 및 관리. 자원화 방안연구』의 시·군별 수렵동물의 서식밀도표에서 경북 북부지역의 고라니 개체수와 비교했을 때 안동지역의 고라니 개체수가 100 ha당 12.5두로 가장 많고 영주지역이 100 ha당 6.7두로 가장 적은 것과 유사하며, 검출된 농가의 지리적 위치를 보면 안동 8호와 영주 2호가 예천과 인접한 지역에 분포하는데(Fig. 2) 국립생물자원관의 자료에 따르면 예천의 100 ha당 고라니 개체 수는 13.3두로, 고라니의 서식밀도가 높은 지역일수록 진드기 매개성 병원체가 검출된 농가의 수가 많이 나타나는 것을 알 수 있었다.

이번의 조사를 통하여 경상북도 북부지역의 진드기 매개성 질병의 병원체를 확인할 수 있었다. 향후 병원체가 검출된 농가의 지역적인 상황, 개체별로 계절적인 혈액상의 변화 및 임상증상 여부, 기생하는 진드기의 종 분류 및 병원체 감염여부 조사 등의 더

많은 체계적인 연구와 야생동물로 인한 질병의 감염과 전파에 대한 추가적인 연구 수행으로 진드기 매개성 질병의 효율적인 예방 및 치료가 가능할 것으로 판단된다.

결론

PCR검사 결과는 119호 중에서 *Babesia* spp.는 4호 검출(3.4%)되었고 *B. bovis*와 *B. bigemina*는 검출되지 않았다. *Theileria* spp.는 12호 검출(10.1%)되었고 *T. sergenti*는 8호에서 검출(6.7%)되었다. *Anaplasma* spp.의 경우 8호(6.7%), *A. phagocytophilum*이 2호(1.7%)에서 PCR양성 반응이 나타났으며 *A. centrale*와 *A. marginale*는 검출되지 않았다. *Ehrlichia* spp.는 2호(1.7%) 검출되었고, *E. chaffeensis*는 검출되지 않았다. 그리고 20호(16.8%)에서 *Rickettsia* spp.가 검출되었다. 또한 고라니의 서식밀도가 높은 지역 일수록 진드기 매개성 원인이체가 검출되는 농가의 호수도 높게 나타났다.

REFERENCES

- Alekseev AN, Dubinina HV, van De Pol I, Schouls LM. 2001. Identification of *Ehrlichia* spp. and *Borrelia burgdorferi* in *Ixodes* ticks in the Baltick Regions of Russia. *J Clin Microbiol* 39: 2237-2242.
- Animal Resources Division. 2011. National hunting animal habitat density table, 2011. pp. 82-86. Survey and Resource Management of wildlife. National Institute of Biological Resources. Korea.
- Baek BK, Rim BM, Lee WJ, Kim JH, Kim BS, Son DS, Lee KW. 1993. Study on infection of *Theileria sergenti* in neonatal calves. *Korean Vet Res* 33: 665-671.
- Barlough JE, Madigan JE, DeRock E, Bigornia L. 1996. Nested polymerase chain reaction for detection of *Ehrlichia equi* genomic DNA in horses and ticks (*Ixodes pacificus*). *Vet Parasitol* 63: 319-329.
- Callow LL. 1984. Protozoan and rickettsial diseases. pp. 121-216. In: Australian Bureau of Animal Health, Animal Health in Australia. Vol. 5. Aust. Gov. Publishing Serv., Canberra.
- Chae JS, Kim CM, Kim EH, Jur EJ, Klein TA, Kang TK, Lee HC, Song JW. 2003. Molecular epidemiological study for tick-borne disease (*Ehrlichia* and *Anaplasma* species) surveillance at selected U.S. military training sites/installations in Korea. *Ann N Y Acad Sci* 990: 118-125.
- Choi EJ, Kang SW, Kweon CH, Jeong WS, Yoon YD, Song HJ. 1997. Rapid detection of *Theileria sergenti* by polymerase chain reaction. *Korean J Parasitol* 35: 111-117.

- Dawson JE, Stallknecht DE, Howerth EW, Warner C, Biggie K, Davidson WR, Lockhart JM, Nettles VF, Olson JG, Childs JE. 1994. Susceptibility of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) to infection with *Ehrlichia chaffeensis*, the etiologic agent of human ehrlichiosis. *J Clin Microbiol* 32: 2725-2728.
- Figueroa JV, Chieves LP, Johnson GS, Buening GM. 1993. Multiplex polymerase chain reaction based assay for the detection of *Babesia bigemina*, *Babesia bovis* and *Anaplasma marginale* DNA in bovine blood. *Vet Parasitol* 50: 69-81.
- Fournier PE, Raoult D. 2004. Suicide PCR on skin biopsy specimens for diagnosis of rickettsioses. *J Clin Microbiol* 42: 3428-3434.
- Gohil S, Herrmann S, Günther S, Cooke BM. 2013. Bovine babesiosis in the 21st century: Advances in biology and functional genomics. *Int J Parasitol* 43: 125-132.
- Heo EJ, Park JH, Koo JR, Park MS, Park MY, Dumler JS, Chae JS. 2002. Serologic and molecular detection of *Ehrlichia chaffeensis* and *Anaplasma phagocytophilum* (human granulocytic ehrlichiosis agent) in Korean patients. *J Clin Microbiol* 40: 3082-3085.
- Homer MJ, Aguilar-Delfin I, Telford SR, Krause PJ, Persing DH. 2000. Babesiosis. *Clinical Microbiology Reviews* 13: 451-469.
- Jang DH, Suh MD. 1990. Epizootiological survey of blood parasites in slaughtered cattle of western area of Kyeongnam. *Korean J Vet Sci* 30: 473-478.
- Kim CM, Kim MS, Park MS, Park JH, Chae JS. 2003. Identification of *Ehrlichia chaffeensis*, *Anaplasma phagocytophilum* and *A. bovis* in *Haemaphysalis longicornis* and *Ixodes persulcatus* ticks from Korea. *Vector Borne Zoonotic Dis* 3: 17-26.
- Kubota S, Sugimoto C, Onuma M. 1996. Population dynamics of *Theileria sergenti* in persistently infected cattle and vector ticks analysed by polymerase chain reaction. *Parasitology* 112: 437-442.
- Lee JM, Kwon OD, Chae JS, Kim MC, Kim HS, Lee SJ, Roh SI, Kim KS. 1994. Project to increase productivity of livestock in Honam area against UR. *Korean J Vet Res* 34: 195-212.
- Lee SO, Na DK, Kim CM, Li YH, Cho YH, Park JH, Lee JH, Eo SK, Klein TA, Chae JS. 2005. Identification and prevalence of *Ehrlichia chaffeensis* infection in *Haemaphysalis longicornis* ticks from Korea by PCR, sequencing and phylogenetic analysis based on 16S rRNA gene. *J Vet Sci* 6: 151-155.
- Léger E, Vourc'h G, Vial L, Chevillon C, McCoy KD. 2013. Changing distributions of ticks: causes and consequences. *Exp Appl Acarol* 59: 219-244.
- Leschnik M, Kirtz G, Tichy A, Leidinger E. 2008. Seasonal occurrence of canine babesiosis is influenced by local climate conditions. *Int J Med Microbiol* 298: 243-248.
- Li YH. 2006. Seasonal changes of hemograms and detection of tick-borne pathogens in Korean indigenous and Holstein cattle from Jeju island. Chonbuk National Univ. Press: 1-49.
- Liz JS, Summer JW, Pfister K, Brossard M. 2002. PCR detection and serological evidence of granulocytic ehrlichial infection in roe deer (*Capreolus capreolus*) and chamois (*Rupicapra rupicapra*). *J Clin Microbiol* 40: 892-897.
- Molad T, Mazuz ML, Fleiderovitz L, Fish L, Savitsky I, Krigel Y, Leibovitz B, Molloy J, Jongejan F, Shkap V. 2005. Molecular and serological detection of *A. centrale*- and *A. marginale*-infected cattle grazing within an endemic area. *Vet Microbiol* 113: 55-62.
- Murphy GL, Ewing SA, Whitworth LC, Fox JC, Kocan AA. 1998. A molecular and serologic survey of *Ehrlichia canis*, *E. chaffeensis*, and *E. ewingii* in dogs and ticks from Oklahoma. *Vet Parasitol* 79: 325-339.
- Park JH, Heo EJ, Choi KS, Dumler JS, Chae JS. 2003. Detection of antibodies to *Anaplasma phagocytophilum* and *Ehrlichia chaffeensis* antigens in sera of Korean patients by Western immunoblotting and indirect immunofluorescence assays. *Clin Diagn Lab Immunol* 10: 1059-1064.
- Professor association of Korea veterinary parasitology. 2005. *Veterinary parasitology*. pp. 323-352. Nongkyung Anni Tech, Seoul.
- Radostits OM, Gay CC, Hinchcliff KW, Constable PD. 2007. Diseases associated with protozoa. pp. 1483-1498. *Veterinary medicine*. 10th ed. Saunders, Philadelphia.
- Ristic M. 1981. Babesiosis. pp. 443-468. In: Ristic M, McIntyre I (ed). *Diseases of Cattle in the Tropics*. Martinus Nijhoff Publishers, Hague, Netherlands.
- Schnittger L, Rodriguez AE, Florin-Christensen M, Morrison DA. 2012. *Babesia*: A world emerging. *Infect Genet Evol* 12: 1788-1809.
- Seo MG, Do JC, Cho MH, Seo HJ, Kim JK, Kim YH, Park NC, Kwak DM. 2011. Prevalence of *Theileria sergenti* infection in cattle of eastern areas in Gyeongbuk province by PCR. *Korean J Vet Serv* 34: 251-258.
- Song KH, Sang BC. 2003. Prevalence of *Theileria sergenti* infection in Korean native cattle by polymerase chain reaction. *Korean J Parasitol* 41: 141-145.
- Soltys MA. 1973. A review of studies on immunization against protozoan diseases of animals. *Z Tropenmed Parasitol* 24: 309-322.
- Waner T, Mahan S, Kelly P, Harrus S. 2010. Rickettsiales. pp. 589-621. In: Gyles CL, Prescott JF, Songer JG, Thoen CO (ed). *Pathogenesis of bacterial infections in animals*. 4th ed. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa.