



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

제주도 사육 한우에서 타일레리아와  
아나플라즈마에 관한 분자역학조사

제주대학교 대학원

수의학과

김민건

2023년 2월



# 제주도 사육 한우에서 타일레리아와 아나플라즈마에 관한 분자역학조사

지도교수 윤 영 민

김 민 건

이 논문을 수의학 석사학위 논문으로 제출함

2022년 12월

김민건의 수의학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장

동의진



위 원

정호준



위 원

윤영민



제주대학교 대학원

2022년 12월



## Abstract

### Molecular Epidemiological Survey of *Theileria* and *Anaplasma* spp. Infections of Korean Native Cattle in Jeju Island

Min Geon Kim

(Supervised by Prof. YoungMin Yun)

Department of Veterinary Medicine, Graduate School,  
Jeju National University

This study investigated *Theileria* and *Anaplasma* spp. infections of Korean native cattle in Jeju Island using molecular diagnostic tests. Blood samples were collected from 148 Korean native cows in six areas of Jeju Island and the infection rate of each pathogen was confirmed via polymerase chain reaction (PCR) using pathogen-specific primer sets. In June 2022, the infection rate of *T. orientalis* and *Anaplasma* spp. for 100 cows in Hawon-dong, Seogwipo-si, was 96% (96/100) and 91% (91/100), respectively. Co-infection rate of the two pathogens was 79.7%. According to region, the infection rate of *T. orientalis* was high in Hallim-eup, Andeok-myeon (100%), Hawon-dong (96%), and Pyoseon-myeon (90%), whereas that of Nohyeong-dong was the lowest at 30%. In *Anaplasma* spp., the infection rate was high in Pyoseon-myeon (100%), Hawon-dong (91%), and Andeok-myeon (80%), and that of Nohyeong-dong was the lowest at 10%. It is difficult to determine the differences

in rates by region owing to differences in the distribution of individuals in each region, but infection rates increased as age increased. Sequencing analysis showed that the homogeneity of each PCR product was 98.43% and 98.03% with *T. orientalis* (Genbank accession no. U48772.1) and *Anaplasma phagocytophilum* (Genbank accession no. NR.04762.1), respectively.

A preventive policy for vector-borne diseases caused by *Theileria* and *Anaplasma* spp. is required because the productivity of livestock could be affected, resulting in economic loss. Because *Anaplasma phagocytophilum* is zoonotic, continuous monitoring for the pathogen is required.

---

**Key words:** *Theileria orientalis*, *Anaplasma* spp., PCR, Korean native cattle, Jeju

# 목 차

## 영문초록

I. 서 론 .....	1
II. 재료 및 방법 .....	3
III. 결 과 .....	7
IV. 고 찰 .....	11
V. 결 론 .....	14
VI. 참고문헌 .....	15

# I. 서 론

진드기(tick)는 사람과 동물에서 공중 보건학적 위협을 주는 절지동물매개질병 (arthropod-borne diseases)의 중요한 매개체이다[1]. 진드기매개질병(vector-borne diseases)은 감염 후 1~4주가 지나면 용혈로 인한 재생성 빈혈과 백혈구감소증 등의 증상이 관찰되고, 회복 후 혹은 만성경과 시에 혈중에 보균상태로 질병을 전파하는 역할을 하게 되어 축산농가에 커다란 피해를 주고 있다[2]. 진드기는 참진드기(경진드기, hard tick, family *Ixodidae*)와 물렁진드기(연진드기, soft tick, family *Argasidae*)로 분류되며[3] 이 중에 국내에서 확인되는 참진드기는 작은소피참진드기(*Haemophysalis longicornis*), 개피참진드기(*H. flava*), 일본참진드기(*Ixodes nipponensis*), 뭇뚝참진드기(*Amblyomma testudinarium*), 사슴피참진드기(*H. japonica*) 등이 있다[3]. 제주도에서 확인되는 참진드기는 약 95%가 우점종인 작은소피참진드기이고 나머지는 개피참진드기, 일본참진드기 등이다[4]. 참진드기는 흡혈과 섭취에 의해서 바이러스, 리케치아, 세균과 원충 등의 다양한 병원체 감염을 시키는 매개체로서의 역할을 하고 있다[5]. 진드기매개질병 병원체는 소에서 많은 영향을 주고 있으며 대표적으로 아나플라즈마, 바베시아, 타일레리아, 에를리키아 등이 있다[6].

우리나라에서 소 타일레리아증(bovine theileriosis)은 주로 *T. orientalis*에 의해서 발생하며 참진드기과(*Ixodidae*) 중에서 작은소피참진드기(*H. longicornis*)가 매개한다[3]. 소 타일레리아 감염은 대부분 준임상형으로

진행되나 동물의 건강상태에 따라 발열, 식욕부진, 운동실조, 근육쇠약, 비정상적인 호흡, 창백한 점막 등의 임상증상이 나타나며, 임신한 개체에서 용혈성 빈혈, 황달, 무기력, 빈맥과 임신후기 유산을 일으키기도 한다. 준임상형에서는 스트레스로 인해 임상증상을 발현하거나 지속감염을 나타낼 수 있다[7]. 소 타일레리아증은 비장 종대, 황달, 혈색소뇨를 특징으로 하는 바베시아증(babesiosis)과는 차이가 있다[3].

소 아나플라즈마증(bovine anaplasmosis)은 열대와 아열대 기후 지역에서 주로 발생하는 적혈구내 리케치아성 질병으로 감염된 동물을 흡혈한 진드기의 교상, 감염혈액의 공급, 오염된 도구 등에 의해서 감염된다[8,9,10]. 소에서 *Anaplasma* 종의 감염은 *A. marginale*, *A. centrale*의 경우에는 임상증상이 심한 편으로 알려져 있다[11]. *A. phagocytophilum*는 사람, 개, 말, 반추수 등 다양한 축종에서 질병을 유발하며 반추수에서 진드기매개열(tick borne fever)을 일으키는 것으로 알려져 있다. 감염된 소는 심한 빈혈, 허약, 발열, 식욕부진, 침울, 변비, 유량감소, 황달, 기침, 호흡곤란, 유사산, 정액의 질 감소 등의 증상을 나타낼 수 있다[12, 13, 14, 15, 16].

소에서 타일레리아와 아나플라즈마 감염은 축산농가에 경제적인 피해를 줄 수 있는 질병이다. 본 연구에서는 제주도 6개 지역에서 사육하고 있는 한우를 대상으로 채혈된 혈액시료에 대해서 타일레리아와 아나플라즈마 특이 프라이머 셋을 활용하여 PCR 유전자 증폭 및 염기서열 분석을 통해서 이들 병원체 감염율과 감염양상을 확인하였다.



## II. 재료 및 방법

### 1. 제주도내 한우에서 타일레리아와 아나플라즈마에 대한 PCR 검사

#### 1) 대상동물 및 혈액시료

대상동물은 2022년 6월 서귀포시 하원동에서 방목 사육되어 진드기 노출에 취약할 것으로 보이는 한우 100마리와 2022년 9월에서 10월 사이에 제주도내 다른 다섯 지역, 제주시 노형동, 한림읍, 서귀포시 안덕면, 표선면에서 사육되는 한우 각 10마리, 조천읍에서 사육되는 한우 8마리로 선정하였고 시료는 제주특별자치도 동물위생시험소에 접수된 혈액시료를 사용하였다.

#### 2) 유전자 추출

유전자추출은 핵산자동추출장비를 사용하였으며 장비는 Maxwell® RSC(Promega, USA)와 유전자추출키트 Maxwell® RSC Whole Blood DNA kit 를 사용하여 전혈 200ul 에서 DNA 를 분리하여 준비하였다.

### 3) PCR

PCR 조건은 *T. orientalis* 의 경우, 시판되는 AccuPower® HotStart PCR PreMix(Bioneer, Korea)를 사용하며 10pmol/μl 농도의 *T. sergenti* forward primer (5'- CCTCTTGAAGTCATCCATGT - 3')와 *T. sergenti* reverse primer (5'- CACTGAGCTGGAAAGAGCTA- 3')를 각각 1μl 와 유전자추출물 2μl 를 혼합하고 멸균증류수를 첨가하여 총량 20μl 로 만들었다. 예상되는 증폭크기는 128bp 이며 반응 조건은 predenaturation 을 95℃에서 15 분 실시 후 denaturation 을 96℃에서 30 초, annealing 을 60℃에서 1 분, polymerization 을 72℃에서 1 분을 35 회 증폭하고 post polymerization 을 72℃에서 10 분 실시하였다. *Anaplasma* spp. 증폭을 위해서 시판되는 AccuPower® HotStart PCR PreMix(Bioneer, Korea)를 사용하며 1 차 PCR 하였다. 10pmol/μl 농도의 *Anaplasma* 16S forward primer (5'- TCCTGGCTCAGAACGAACGCTGGC- 3')와 *Anaplasma* 16S reverse primer (5'- AGTCACTGACCCAACCTTAAATGGCTG- 3')를 각각 1μl, 유전자추출물 2μl 를 혼합하고 멸균증류수를 첨가하여 총량 20μl 되도록하여 반응시켰고 기대되는 증폭 크기는 1433bp 였다. 확인을 위한 2 차 PCR 은 10pmole/μl 농도의 Ana16S-nF primer (5'- GTC GAA CGG ATT CTT TAT AGC TTG C- 3')와 Ana16S-nR primer (5'- CCC TTC CGT TAA GAA GGA TCT AAT CTC C- 3')를 각각 1μl, 유전자추출물 2μl 를 혼합하고 멸균증류수를 첨가하여 총량 20μl 이 되도록 하여 반응하였으며, 기대되는 증폭 크기는 928bp 였다. 1, 2 차 PCR 모두 동일한 PCR 조건으로 진행하였으며 predenaturation 은 94℃에서 5 분 실시한 후 denaturation 을 94℃에서 30 초,

annealing 을 50℃에서 30 초, polymerization 을 72℃에서 1 분을 35 회 증폭하고 post polymerization 을 72℃에서 10 분 실시하였다. PCR 에 사용된 장비는 C1000 Touch Thermal Cycler (Bio-rad, USA)였다.

Table 1. PCR primer sets and condition of *T. orientalis* and *Anaplasma* spp.

Target species	Primer	Sequences (5'-3')	PCR condition (annealing temp. °C)	Size(bp)
<i>T. orientalis</i>	KTS1-R forward	5'- CCTCTTGAAGTCATCCATGT-3'	60	128
	KTS1-R backward	5'- CACTGAGCTGGAAAGAGCTA - 3'		
<i>Anaplasma</i> spp.	Anaplasma16S forward	5'- TCCTGGCTCAGAACGAACGC TGGCGGC- 3'	50	1433
	Anaplasma16S reverse	5'- AGTCACTGACCCAACCTTAAA TGGCTG- 3'		
	Ana16S-nF	5'- GTCGAACGGATTATTCTTTAT AGCTTGC- 3'	50	928
	Ana16S-nR	5'- CCCTTCCGTTAAGAAGGATCT AATCTCC- 3'		

#### 4) 전기영동

증폭된 PCR 산물을 자동전기영동장비인 Qiagen 사의 QIAxcel® advanced (Qiagen, Germany)에 QIAxcel® DNA High resolution Kit(Qiagen, Germany) 카트리지를 사용하여 증폭된 산물의 크기를 확인하였다.

## 2. PCR 양성 확인 시료에 대한 염기서열분석

타일레리아와 아나플라즈마 PCR 에서 증폭된 PCR 산물의 염기서열 분석은 Solgent 사(Korea)에 의뢰하여 실시하였고 얻어진 염기서열은 유사 종간의 계통수 분석도를 작성하였다.

### III. 결 과

#### 1. 제주도내 방목 사육되는 한우에서 타일레리아와 아나플라즈마에 대한 PCR 검사

PCR 산물에 대한 전기영동에서 한우 148 마리 중에서 *T. orientalis* 는 132 마리로 89.2%의 양성율을 보였고, *Anaplasma* spp.는 123 마리로 83.1%의 양성율을 보였다. 지역별에서 서귀포시 하원동은 *T. orientalis* 의 경우 96%(96/100)의 양성율을 보였고 *Anaplasma* spp.는 91%(91/100)의 양성율을 보였다. 제주시 노형동은 *T. orientalis* 30%(3/10), *Anaplasma* spp. 10%(1/10), 제주시 한림읍은 *T. orientalis* 100%(10/10), *Anaplasma* spp. 70%(7/10), 제주시 조천읍은 *T. orientalis* 50%(4/8), *Anaplasma* spp. 75%(6/8), 서귀포시 안덕면은 *T. orientalis* 100%(10/10), *Anaplasma* spp. 80%(8/10), 서귀포시 표선면은 *T. orientalis* 90%(9/10), *Anaplasma* spp. 100%(10/10)의 양성율을 나타내었다. 연령별로 분류하였을 때 1년령 미만은 *T. orientalis* 30%(3/10), *Anaplasma* spp. 10%(1/10), 1-2년령은 *T. orientalis* 83%(30/36), *Anaplasma* spp. 70%(25/36), 3-5년령은 *T. orientalis* 96%(52/24), *Anaplasma* spp. 91%(49/54), 6년령 이상에서는 *T. orientalis* 98%(47/48), *Anaplasma* spp. 100%(48/48)의 양성율을 나타내었다. 148두 중에서 혼합 감염된 개체는 118두로 79.7%였으며, 연령에 따른 양성율은 1년령 미만은 0%(0/10), 1-2년령은 63.9%(23/36) 3-5년령은 88.9%(32/36), 6년령 이상은 98.0%(47/48)였다.

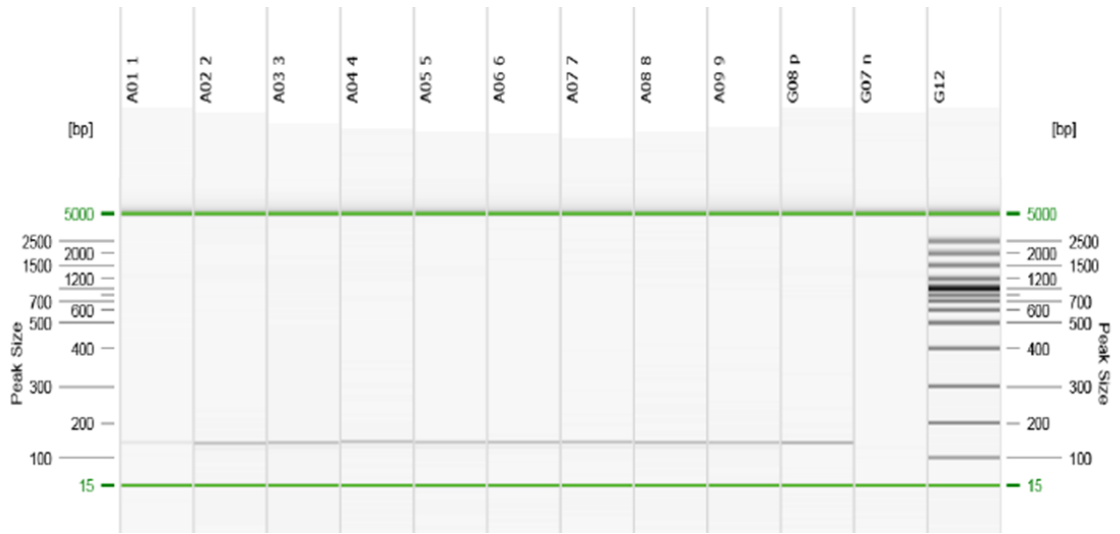


Figure 1. Analysis of PCR product of *Theileria* by QIAxcel® advanced.  
The size of PCR product using KTS1 primer set is 128bp.

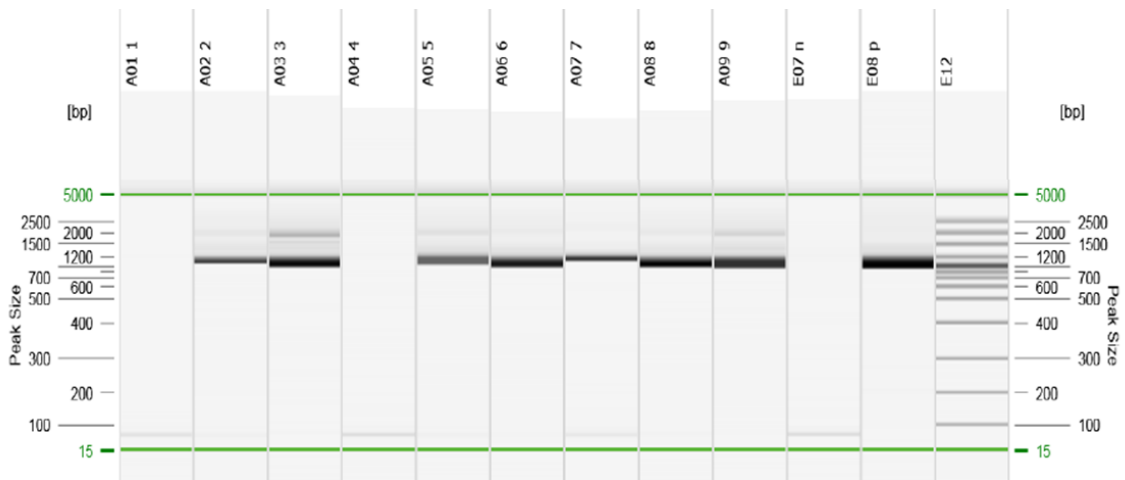


Figure 2. Analysis of PCR product of *Anaplasma* by QIAxcel® advanced.  
The size of PCR product using Ana16S-n primer set is 928bp.

Table 2. Infection rates of Theileria and anaplasma in cattle by region

Region	No. of cattle	<i>T.orientalis</i> (%)	<i>Anaplasma</i> spp.(%)	Co-infection(%)
Hawon-dong	100	96(96)	91(91)	90(90)
Nohyeong-dong	10	3(30)	1(10)	0(0)
Hallim-eup	10	10(100)	7(70)	7(70)
Jocheon-eup	8	4(50)	6(75)	4(50)
Andeok-myeon	10	10(100)	8(80)	8(80)
Pyoseon-myeon	10	9(90)	10(100)	9(90)
Total	148	132(89.2)	123(83.1)	118(79.7)

Table 3. Infection rates of Theileria and anaplasma in cattle by age

Age(year)	No. of cattle	<i>T.orientalis</i> (%)	<i>Anaplasma</i> spp.(%)	Co-infection(%)
< 1	10	3(30)	1(10)	0(0)
1-2	36	30(83)	25(70)	23(63.9)
3-5	54	52(96)	49(91)	32(88.9)
6>	48	47(98)	48(100)	47(98.0)
Total	148	132(89.2)	123(83.1)	118(79.7)

## 2. 타일레리아와 아나플라즈마 PCR 증폭산물의 염기서열 분석

*T. orientalis* 16S-rRNA 일부 유전자 증폭산물에 대해서 염기서열을 분석한 결과 *T. orientalis* (Genbank Accession No. U48772.1)와 98.43%의 유전자 상동성을 나타냈고, *Anaplasma* spp. 유전자 증폭산물에 대한 염기서열 분석에서 *A. phagocytophilum* (Genbank Accession No. NR044762.1)과 98.03%의 유전자 상동성을 나타냈다.



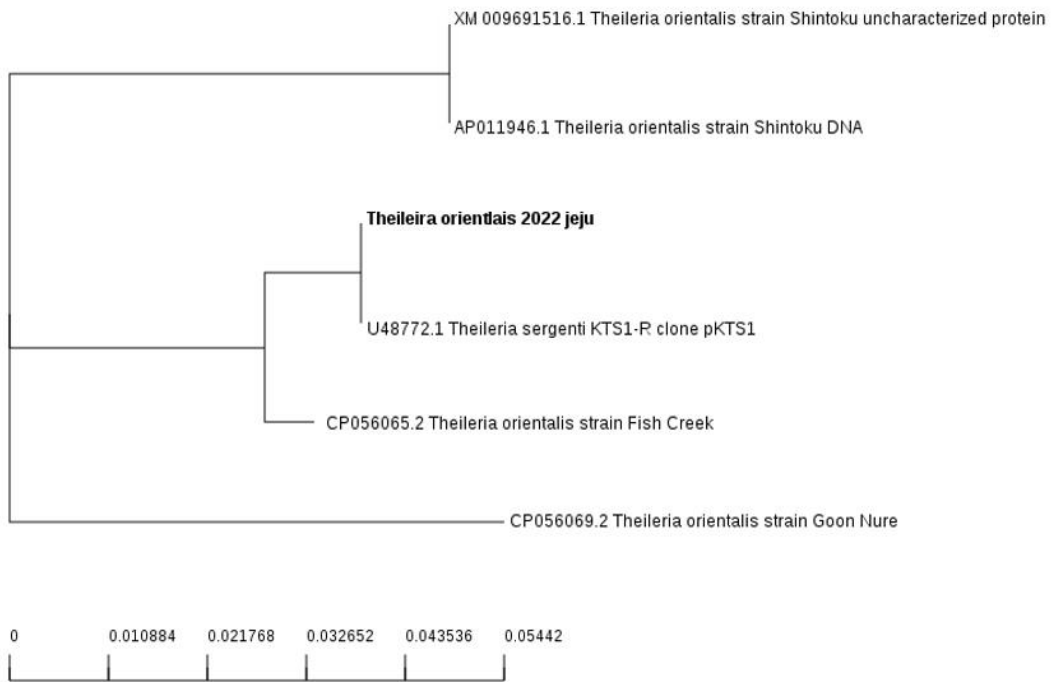


Figure. 1 Phylogenetic analysis of *T. orientalis* PCR positive sample

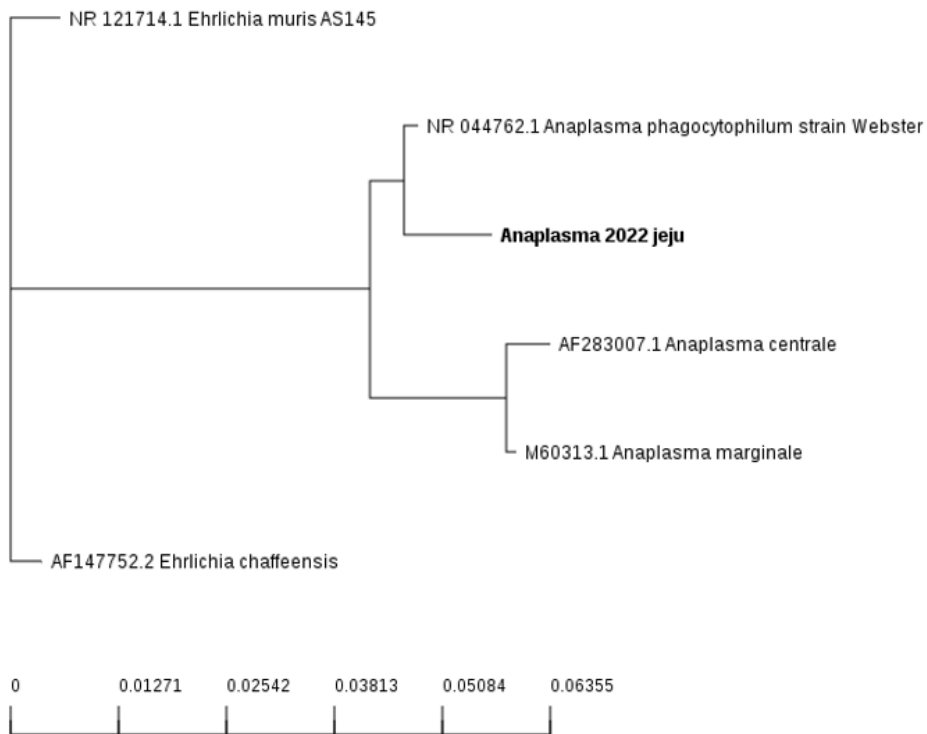


Figure 2. Phylogenetic analysis of *Anaplasma* spp. PCR positive sample

## IV. 고 찰

소 *T. orientalis* 감염증은 일본에서 82%[17], 캄보디아에서 50.4%, 베트남에서 27.5%[18] 등 국가와 지역에 따라 감염의 정도 차이를 나타내고 있다. 국내 조사에 따르면 1978 년부터 서울지역 한우에서 58.4%의 감염율을 나타냈고[19], 전국 도입우에서 79.2~100%[20], 전북지역 젓소에서 100%의 감염율을 보고하였다[21]. 경남지역의 한우와 도입우는 71.8%[22], 한우는 제주도에서 100%, 경기도에서 35%, 전라북도에서 50%[23], 전북에서 72.8%[24] 감염율을 보고하였으며, 전체 한우에서 88.7%의 감염율을 나타내고 있다[25]. 2002 년 한우와 젓소에서 35.6%[26], 충남 한우에서 67.8%[27], 2004 년 제주도 한우에서 76.3%[28], 젓소에서 98.3%의 감염율을 보고한 바 있으며 경북에서 젓소는 27.9%, 한우는 9.4% 감염[29]에 대한 보고를 통해서 전국적으로 감염의 정도와 차이를 확인할 수 있다. 각 조사에서의 감염률의 차이를 보이는 것은 각 연구마다 검사방법이 다르고 검사대상 선정과정이 다르기 때문인 것으로 사료된다. 2010 년에서 2019 년 사이에 *Theileria* spp.에 대한 21 편의 조사에서 평균 35.5%의 감염률을 보고하고 있는데[30] 이는 본 연구결과와 비교할 때 제주도 내 *T. orientalis* 의 감염률이 높은 수준임을 알 수 있다.

*Anaplasma* spp.의 진단은 과거 혈청학적 검사방법으로 소, 고양이, 말에서 양성을 확인하였고[31,32,33], 2010 년부터는 분자적 진단방법인 PCR 방법으로

개, 고양이, 고라니, 진드기에서 검출을 시도해왔으나[34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41] 반추동물에서 분자적 진단방법을 통한 진단결과 및 정보가 부족한 실정이다[42]. 본 연구에서는 *Anaplasma* spp.의 감염률이 83.1%로 확인되었는데 이는 2010 년에서 2019 년 사이에 *Anaplasma* spp.에 대한 21 편의 조사에서 평균 2.5%의 감염률을 보고하는데 반해[30] 높은 수준의 감염수준을 보여주었다. 이번 연구는 *Anaplasma* spp.의 염기서열 분석에서 *A. phagocytophilum* (Genbank Accession No. NR044762.1)과 98.04%의 유전자 상동성이 확인되었으며 *A. phagocytophilum* 는 사람, 개, 말, 반추수 등 다양한 동물에서 질병을 유발하고 반추수에서 진드기매개열(tick borne fever)을 일으켜 소에서 무기력, 식욕부진, 유량감소, 기침, 호흡곤란, 유사산, 정액의 질 감소 등을 나타낼 수 있다[43]. *A. phagocytophilum* 는 소에서 뿐만 아니라 사람을 포함한 다양한 동물에서 감염과 임상증상을 일으키는 병원체로 지속적인 관심을 가지고 모니터링할 필요가 있으며, 질병관리청에서 매년 아나플라즈마 감염증에 대한 현황을 조사하는 것[44]과 같이 동물에서도 지속적인 예찰이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 제주도내 방목 사육되는 한우에서 *T. orientalis* 와 *A. phagocytophilum* 의 감염율이 각각 89.19%와 83.1%를 확인하였다. 이는 2006 년도에 보고된 연구결과와 비교하였을 때, 제주도내 타일레리아와 아나플라즈마의 감염 수준이 여전히 높다는 것을 나타내며 이들 질병에 대한 관리, 예방과 근절을 위한 대책마련이 필요할 것으로 사료된다. 지역별 감염율의 차이가 확인되었는데 이는 각 지역에서 방목되는 개체 분포가 균일하지 않고 연령별 분포도 편중되어있어 지역에 따라 감염률의 차이가 있다고 말하기에는

무리가 있다고 판단된다. 연령별 감염율은 *T. orientalis*의 경우에 과거에 보고된 바와 같이 나이가 많은 개체일수록 감염율이 증가하고 *A. phagocytophilum* 역시 나이가 많은 개체일수록 감염율이 증가하는 양상을 확인할 수 있었다. 이는 나이가 많을수록 방목 사육 횟수가 많고 진드기에 노출되는 기회가 많아서 나타나는 결과로 사료된다.

제주도는 청정 자연환경을 유지 관리하는 지역으로 건강한 축산물을 생산할 수 있는 장점을 가지고 있다. 양돈산업의 경우에서도 다른 지역과 차별화된 경쟁력을 갖추고 있으나 한육우산업은 타 지역에 비해 경쟁력이 떨어지는 것이 사실이다. 이번 연구에서 타일레리아와 아나플라즈마의 높은 감염정도는 소에서 여러가지 원인에 의한 질병과 원인 모를 증상과의 관련성 그리고 한육우산업에 직간접적으로 경제적 손실을 가져다줄 수 있는 요인이 될 수 있다. 본 연구 결과를 토대로 제주도 방목 사육 가축에 대해서 다양한 진드기매개전염성질병의 폭 넓은 조사와 이들 질병의 감염과 생산성과의 관련성을 조사의 필요성과 지속적 예찰의 필요성을 제시하고자 한다.

## V. 결 론

제주도내 6 개지역에서 방목 사육되는 한우 148 마리의 혈액을 대상으로 *T. orientalis*, *Anaplasma* spp.의 감염을 조사하고 이들 병원체의 염기서열을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대상 한우 148 마리의 혈액을 대상으로 분자적 진단방법인 PCR 방법으로 감염율을 조사한 결과, *T. orientalis* 는 89.2%, *Anaplasma* spp.는 83.1% 감염되었고 중복 감염율은 79.7% 였다.
2. 지역에 따른 차이는 방목정도와 대상마릿수의 부족으로 평가하기 어려웠지만, 연령이 증가할수록 감염률이 증가하는 형태를 보였다.
3. 염기서열 분석에서 타일레리아는 *T. sergenti*(Genbank Accession No. U48772.1)와 98.43%, 아나플라즈마는 *A. phagocytophilum*(Genbank Accession No. NR044762.1)와 98.04% 상동성을 나타냈다.

본 연구는 제주도내 타일레리아와 아나플라즈마의 감염 정도를 확인하였으며, 이들 결과를 통해서 제주도 방목 사육 가축에 대해서 다양한 진드기매개질병의 폭 넓은 조사와 이들 질병의 감염과 생산성과의 관련성을 조사하고 지속적 모니터링이 필요하다는 것을 제시하고 있다.

## VI. 참고문헌

1. Dantas-Torres F, Chomel BB, Otranto D. Ticks and tick-borne diseases: a One Health perspective. *Trends Parasitol* 2012 Oct; 28(10): 437-46.
2. Lee JM, Kwon OD, Chae JS, Kim MC, Kim HS, Lee SJ, Roh SI, Kim KS. Project to increase productivity of livestock in Honam area against UR. *Korean J Vet Res* 1994; 34: 195-212.
3. 한국수의기생충학교수협의회. 수의기생충학. 서울 : 농경애니텍. 2005: 323-352.
4. Noh BE, Lee WG, Lee HI, Cho SH. Surveillance of tick density in the Republic of Korea, 2019. *Korea KDCA Public Health Weekly Rep* 2020; 13: 807-816.
5. Silaghi C. Prevalence and genetic analysis of *Anaplasma phagocytophilum* and spotted fever group rickettsiae in the tick *Ixodes ricinus* in urban and periurban sites in Southern Germany. *Diss. lmu* 2008.
6. Jabbar A, Abbas T, Sandhu ZU, Saddiqi HA, Qamar MF, Gasser RB. Tick-borne diseases of bovines in Pakistan: major scope for future research and improved control. *Parasit Vectors*. 2015 May 22; 8: 283.
7. OIE, Theileriosis, OIE Terrestrial Manual 2018: 1185-1209.
8. Telford SR 3rd, Dawson JE, Kaltavolos P, Warner CK, Kolbert CP, Persing DH. Perpetuation of the agent of human granulocytic ehrlichiosis in a deer tick-rodent cycle. *Proc Natl Acad Sci USA* 1996; 93:6209-6214.

9. Ogden NH, Bown K, Horrocks BK, Woldehiwet Z, Bennett M. Granulocytic Ehrlichia infection in ixodid ticks and mammals in woodlands and uplands of the U.K. *Med Vet Entomol* 1998 Oct; 12(4): 423–429.
10. Zhi N, Ohashi N, Tajima T, Mott J, Stich RW, Grover D, Telford SR 3rd, Lin Q, Rikihisa Y. Transcript heterogeneity of the p44 multigene family in a human granulocytic ehrlichiosis agent transmitted by ticks. *Infect Immun* 2002 Mar; 70(3): 1175–1184.
11. OIE, Bovine anaplasmosis, OIE Terrestrial Manual 2018: 999–1013.
12. Tuomi J. Experimental studies on bovine tick-borne fever. 1. Clinical and haematological data, some properties of the causative agent, and homologous immunity. *Acta Pathol Microbiol Scand* 1967; 70(3): 429–445.
13. Taylor SM, Kenny J. the effects of tick-borne fever (Ehrlichia phagocytophilia) on the growth rate of fattening cattle. *Br Vet J* 1980 Jul–Aug; 136(4): 364–370.
14. Stuen S, Hardeng F, Larsen HJ. Resistance to tick-borne fever in young lambs. *Res Vet Sci* 1992 Mar; 52(2): 211–6.
15. Grøva L, Olesen I, Steinshamn H, Stuen S. Prevalence of Anaplasma phagocytophilum infection and effect on lamb growth. *Acta Vet Scand* 2011 May 13; 53(1): 30.
16. Center for Food Security and Public Health(CFSPH). Ehrlichiosis and Anaplasmosis: zoonotic species. Technical Factsheets 2013: 1–14.

17. Tanaka M, Onoe S, Matsuba T, Katayama S, Yamanaka M, Yonemichi H, Hiramatsu K, Baek BK, Sugimoto C, Onuma M. Detection of *Theileria sergenti* infection in cattle by polymerase chain reaction amplification of parasite-specific DNA. *J Clin Microbiol* 1993 Oct; 31(10): 2565–2569.
18. Inoue M, Van Nguyen D, Meas S, Ohashi K, Sen S, Sugimoto C, Onuma M. Survey of *Theileria* parasite infection in cattle in Cambodia and Vietnam using piroplasm surface protein gene-specific polymerase chain reaction. *J Vet Med Sci* 2001 Oct; 63(10): 1155–1157.
19. Jeon Y. A survey on babesiosis and theileriasis in Korean cattle. *Korean J Vet Res* 1978; 18(1): 23–26.
20. Suh MC. Studies on the incidence of tick-borne parasites and chemotherapeutic control of *Theileria sergenti* infection in exotic cattle in Korea. *Korea R* 1982; 24: 57–75.
21. Lee JM, Kim MC. Studies for the effective diagnosis and treatment of bovine piroplasmosis. *Korean J Vet Res* 1987; 27(2): 321–330.
22. Jang DH, Suh MD. Epizootiological survey of blood parasites in slaughtered cattle of western area of Kyeongnam. *Korean J Vet Res* 1990; 30(4): 473–478.
23. Baek BK, Rim BM, Lee WJ, Kim JH, Kim BS, Son DS, Lee KW. Study on infection of *Theileria sergenti* in neonatal calves. *Korean J Vet Res* 1993; 33(4): 665–671.



24. Chae JS, Lee JM, Kwon OD, Park JH, Chae KS. Rapid detection of *Theileria sergenti* by the polymerase chain reaction in Korean cattle. *Korean J Vet Res* 1996; 36(1): 195–207.
25. Choi EJ, Kang SW, Kweon CH, Jeong WS, Yoon YD, Song HJ. [Rapid detection of *Theileria sergenti* by polymerase chain reaction]. *Korean J Parasitol* 1997 Jun; 35(2): 111–117.
26. Jeong W, Kweon CH, Kang SW, Paik SG. Diagnosis and quantification of *Theileria sergenti* using TaqMan PCR. *Vet Parasitol* 2003 Feb 27; 111(4): 287–295.
27. Song KH, Sang BC. Prevalence of *Theileria sergenti* infection in Korean native cattle by polymerase chain reaction. *Korean J Parasitol* 2003 Sep; 41(3): 141–145.
28. Li YH. Seasonal changes of hemograms and detection of tick–borne pathogens in Korean indigenous and Holstein cattle from Jeju island. Chonbuk National Univ. Press 2006: 1–49.
29. Seo MG, Do JC, Cho MH, Seo HJ, Kim JK, Kim YH, Park NC, Kwak DM. Prevalence of *Theileria sergenti* infection in cattle of eastern areas in Gyeongbuk province by PCR. *Korean J Vet Serv* 2011; 34(3): 251–258.
30. Lee HG, Cho A, Oh SI, Roh JH, Jung YH, Choe C, Do YJ, Oem JK, Yoo JG. A ten–year retrospective study of bovine infectious disease agents occurred in Korea from 2010 to 2019. *Korean J Vet Serv* 2020; 43(3): 113–128.

31. Chae JS, Heo EJ, Park JH, Choi KS, Dumler JS, Lee SS, Kang TY, Yang JH, Kim DY, Kim JG, Choi GC, Kang MI. Detection of antibodies reacting with *Anaplasma phagocytophilum* and *Ehrlichia chaffeensis* from cats, horses and cattle in Korea. *J Vet Clin* 2009; 26(6): 515–519.
32. Jeon Y. Isolation of *Anaplasma centrale* from Korean cattle. *Korean Journal of Veterinary Research*. 1978; 18(1): 19–22.
33. Lee JM, Kwon OD, Song HJ, Park JH, Choi KS. *Anaplasma marginale* infection in holstein calves during winter. *Korean J Vet Res* 1997; 37(4): 911–916.
34. Doan HT, Noh JH, Choe SE, Yoo MS, Kim YH, Reddy KE, Quyen DV, Nguyen LT, Nguyen TT, Kweon CH, Jung SC, Chang KY, Kang SW. Molecular detection and phylogenetic analysis of *Anaplasma bovis* from *Haemaphysalis longicornis* feeding on grazing cattle in Korea. *Vet Parasitol* 2013 Sep 23; 196(3–4): 478–481.
35. Kang JG, Ko S, Kim YJ, Yang HJ, Lee H, Shin NS, Choi KS, Chae JS. New genetic variants of *Anaplasma phagocytophilum* and *Anaplasma bovis* from Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*). *Vector Borne Zoonotic Dis* 2011 Jul; 11(7): 929–938.
36. Kang JG, Kim HC, Choi CY, Nam HY, Chae HY, Chong ST, Klein TA, Ko S, Chae JS. Molecular detection of *Anaplasma*, *Bartonella*, and *Borrelia* species in ticks collected from migratory birds from Hong-do Island, Republic of Korea. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2013 Apr; 13(4): 215–225.

37. Kang SW, Doan HT, Choe SE, Noh JH, Yoo MS, Reddy KE, Kim YH, Kweon CH, Jung SC, Chang KY. Molecular investigation of tick-borne pathogens in ticks from grazing cattle in Korea. *Parasitol Int* 2013 Jun; 62(3): 276–282.
38. Kang JG, Ko S, Kim HC, Chong ST, Klein TA, Chae JB, Jo YS, Choi KS, Yu DH, Park BK, Park J, Chae JS. Prevalence of *Anaplasma* and *Bartonella* spp. in Ticks Collected from Korean Water Deer (*Hydropotes inermis argyropus*). *Korean J Parasitol* 2016 Feb; 54(1): 87–91.
39. Kang JG, Ko S, Smith WB, Kim HC, Lee IY, Chae JS. Prevalence of *Anaplasma*, *Bartonella* and *Borrelia* Species in *Haemaphysalis longicornis* collected from goats in North Korea. *J Vet Sci* 2016 Jun 30; 17(2): 207–216.
40. Lee SH, VanBik D, Kim NH, Park SJ, Kwon OD, Kim TH, Kwak D. First molecular detection and genetic analysis of *Anaplasma phagocytophilum* in shelter cats in Seoul, Korea. *Infect Genet Evol* 2016 Dec; 46: 71–73.
41. Oh JY, Moon BC, Bae BK, Shin EH, Ko YH, Kim YJ, Park YH, Chae JS. Genetic identification and phylogenetic analysis of *Anaplasma* and *Ehrlichia* species in *Haemaphysalis longicornis* collected from Jeju Island, Korea. *J Bacteriol Virol* 2009; 39(4): 257–267.
42. Seo MG, Ouh IO, Kwon OD, Kwak D. Molecular detection of *Anaplasma phagocytophilum*-like *Anaplasma* spp. and pathogenic *A. Phagocytophilum* in cattle from South Korea. *Mol Phylogenet Evol.* 2018 Sep;126:23–30.

43. Atif FA. *Anaplasma marginale* and *Anaplasma phagocytophilum*: Rickettsiales pathogens of veterinary and public health significance. *Parasitol Res.* 2015 Nov;114(11):3941–57.
44. Lee SJ, Kim HH, Kim JY, Yoo JI, Gill BC. Laboratory–Based Diagnostic Test Results for Human Granulocytic Anaplasmosis in 2020, Korea KDCA Public Health Weekly Rep 2021; 13: 807–816.