

한우에서 네오스포라증 혈청 유병률이 자축 생시체중에 미치는 영향

김찬란*, 김남태, 이세영, 이재영, 고응규
농촌진흥청 국립축산과학원 가축유전자원센터

Effect of Seroprevalence for *Neospora caninum* against Offspring's birth weight in Hanwoo

Chan-Lan Kim*, Nam tae Kim, Se young Lee, Jae-young Lee, Yeoung-Gyu Ko
Animal Genetic Resources Research Center, National Institute of Animal Science, RDA

요약 네오스포라증은 소에서 유산을 야기하는 질병 중 하나이며, 세계적으로 발생하고 그 경제적인 피해가 크다. 네오스포라증은 주로 수직감염에 의해 전파되고 주증상은 유산이지만, 정상적인 분만이 이뤄지기도 한다. 그러한 경우 자축은 대부분 네오스포라증이 만성적으로 유지된다. 국내에서는 다수의 혈청 유병률 조사가 보고 되었는데 젃소와 한우에서 차이가 크고, 지역별로 농가별로 다양했다. 본 연구에서는 네오스포라증이 출생시부터 체중에 영향을 주는지 알아보려고, 네오스포라 항체 보유 어미의 유산율뿐 아니라 그 자손의 생시체중을 조사했다. 한 농장의 286두 한우에 대해 효소면역항체검사법으로 네오스포라 항체 검사를 실시한 결과, 19두의 양성 개체가 확인되었는데 이들은 모두 외부에서 도입되었거나 도입된 개체의 자손이었다. 해당 농장의 총 12년간의 번식기록을 조사해본 결과, 항체 양성인 암컷 13두에서 35회의 임신이 확인되었으나 14회(40.0%)의 유산이 있었다. 이는 항체 음성축군의 유산율 12.3% 보다 3배 이상 높은 유산율이다. 항체 양성축군 어미로부터 정상적으로 분만된 자손이어도 항체 양성인 개체의 생시체중(21.8±1.3 kg)은 항체 음성축군 어미의 자손 생시체중(26.9±2.9 kg)보다 유의미하게 낮았다. 추가 연구가 필요하나, 이러한 결과는 가임연령 암소 중에서 네오스포라 항체 양성축을 번식에서 배제시키는 것이 유산율을 낮출 뿐만 아니라 자축 생시체중 측면에서도 한우 농가에 경제적으로 유의할 것임을 시사한다.

Abstract *Neospora caninum* is one of the most common pathogens causing abortion, with considerable economic losses in the cattle industry. Although vertical transmission is the main reason for abortion, normal gestation and delivery can sometimes occur. On the other hand, the offspring usually has latent *N. caninum* infections. Several studies on the seroprevalence rate of *N. caninum* infections have been conducted in various regions in Korea. Therefore, this study investigated the abortion rate and the offspring's birth weight of a seropositive dam to determine if neosporosis affects the weight of calves from birth. The sera from nineteen out of 286 cattle of a Hanwoo herd showed positive results using a commercial enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) kit. All the *N. caninum* seropositive individuals were born from seropositive dams or were purchased from other farms. The reproduction records for 12 years showed that the total number of pregnancies was 35 times at 13 seropositive cows. Among them, 14 abortions occurred. The abortion rate was higher than the seronegative cows in this herd: 40.0% vs. 12.3%. Although normal calving occurred, the mean birth weight of the ten seropositive offspring (21.8±1.3 kg) from the seropositive dams was significantly lower than those from the seronegative dams (26.9±2.9 kg). Further research is needed, but the results suggest that excluding seropositive heifers from a reproduction program would be economically beneficial to cattle farms in terms of calf birth weight along with a lower abortion rate.

Keywords : *Neospora caninum*, Seroprevalence, Birth Weight, Hanwoo, Abortion

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01567605)의 지원에 의해 수행되었음.

*Corresponding Author : Chan-Lan Kim(National Institute of Animal Science, RDA)
email: vetchan@korea.kr

Received November 14, 2023

Revised December 4, 2023

Accepted December 8, 2023

Published December 31, 2023

1. 서론

네오스포라증을 야기하는 *Neospora caninum* (이하 네오스포라)은 비교적 최근에 알려진 원충성 병원체로, 개에서 1984년에 처음 인지되었으나, 1988년 Dubey가 분리·보고하기 전까지는 유사한 형태학적 구조를 가진 *Toxoplasma gondii*로 잘못 알려져 있었다. 이 원충은 개가 종숙주이나 소, 양, 염소, 사슴, 말 등 다양한 초식 동물에서 자연감염이 보고되었으며, 여우, 코요테 등 고양이과 동물에서도 항체가 확인되었다[1]. 네오스포라의 생활사는 종숙주인 개의 분변에 포함된 oocyst가 중간숙주에게 섭취되어 bradyzoite가 된 후, 조직으로 이동한다. 개는 bradyzoite가 포함된 조직을 섭취하여 감염되며 개의 체내에서 tachyzoite로 된 이 원충은 뇌척수염 및 근염을 야기한다[2]. 소에서는 oocyst가 오염된 물이나 먹이 섭취를 통한 수평감염도 일어나지만, 감염된 어미소에서 tachyzoite가 태반을 통해 태아로 감염되는 수직감염이 주된 전파경로이다[3].

이 원충에 감염된 성우에서 나타나는 유일한 임상증상은 임신 3개월 이후부터의 유사산인데, 주로 임신 5-6개월째에 두드러지게 관찰된다. 태아는 미이라화, 뇌수두증 등이 나타나고 정상적으로 분만되더라도 감염된 송아지는 출산 후 3-5일경부터 신경근육의 마비를 보이면서 허약하고, 기립불능, 체중감소, 보행장애 등의 임상증상을 보인다. 간혹 정상적으로 특별한 임상증상 없이 태어나 성장하는 경우도 있으나, 보균우로 남아 지속적으로 유산을 야기하거나 수평전파 및 수직전파의 전파원이 되므로 축산농가에 경제적으로 지속적인 피해를 준다[2]. 네오스포라증에 대한 상업화된 불활화 백신이 있기는 하지만 유산을 예방하는 효과가 미약하여 시장에서 활용되지 않고 있으며 여전히 백신 연구가 진행되고 있다[4]. 또한 치료제도 없기에 축산농가에서는 감염을 예방하는 것이 무엇보다 중요한 질병이다.

소에서의 네오스포라증은 전 세계적으로 발생하고 있는데, 국내에서는 임신 6개월에 유산된 젖소 태아에서 최초로 보고되었다[5]. 이듬해 젖소의 반복유산이 보고된 이후[6], 강원도 사육 한우[7] 및 젖소[8], 경기도 한우 및 젖소[9] 및 젖소[10], 전북 정읍의 한우[11], 전북 익산의 젖소[12], 전북 남원의 한우 및 홀스타인 비육우[13], 경북 울진의 한우[14], 경북 남부지역과 울릉군 한우[15], 경남 중동부 지역 한우[16], 경남 북부지역 한우 및 젖소[17], 충남 4개 시군의 한우 및 젖소[18] 등 다양한 지역에서 네오스포라에 대한 항체 양성을 조사가 이뤄졌다.

조사 시기, 조사 지역, 조사 대상 소의 나이 및 품종, 다른 질병 항체 여부 등에 따라 개체별 항체 양성률 및 농장별 항체 양성률이 상이했다. 전국적인 조사 결과로는, 젖소에 대해 53.5 % 젖소 농가, 35.6 % 개체가 항체 양성률을 보였고[19], 2002년 문헌 보고에 전국 9개도에서 무작위로 채취한 한우 시료에서는 4.1 % 개체 양성률이 보고되었다[20]. 그러나 2009년도에 전국 각지에서 유입되는 소를 도축하는 서울지역 도축 작업장에서 네오스포라 항체 양성률을 조사한 결과에는 한우는 1.1 % 젖소는 22.0 % 개체별 양성률을 나타냈다[21]. 서울지역 도축 작업장 시료의 연구결과에서 흥미로운 점은 네오스포라 항체 양성축이 동년배 음성축보다 평균 체중이 작았다는 점이다. 2009년 4월부터 12월까지 출하된 452농가 856두의 암소를 대상으로 조사한 것인데, 한우 5~6년생 중에서 네오스포라 항체 양성축군의 평균체중은 474 ± 00.0 kg으로 같은 나이대의 음성축군의 평균체중 567 ± 68.7 kg에 비해 약 90 kg가량 생체중량이 작았다. 모든 연령에서 네오스포라 항체 유무가 체중과 연관된다는 통계적인 유의성은 알 수 없었지만 젖소에서도 5~6년생 항체 양성축군의 평균체중은 671.9 ± 114.4 kg으로 음성축군 697.5 ± 114.9 kg보다 작았다[21].

출하 시 생체중량을 예측하는 측면에서 농가에서는 생시체중, 이유체중 등을 지표로 삼는데, 본 연구에서는 어미소의 네오스포라 항체 양성률과 자축의 생시체중을 비교해보고자 한우농가 1개소의 12년간 분만자료를 토대로 네오스포라 항체 양성축의 유산률 및 자축의 생시체중을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 가축 및 임신 진단

본 연구에 적용된 공시 가축은 농촌진흥청 국립축산과학원 가축유전자원센터가 전라북도 남원에서 2016년 상반기 사육 중인 286두 한우이다. 해당 개체들은 2002년 1월부터 2016년 4월에 태어났으며, 암소는 번식성적 기록이 유지되고 있었다. 사양관리는 가축유전자원센터 한우사양관리 요령을 적용하였으며, 사육단계별로 농후사료는 시중 판매되는 일반사료를 급여하였고, 건초와 물은 자유 채식시켰다. 또한 본 축군에는 매 년 정기적으로 소바이러스성설사증 (Bovine viral disease)백신 및 아까바네 백신을 실시하였으며, 브루셀라 음성군이 유지되고 있음을 정기적으로 검사했다.

임신여부는 인공수정 및 수정란이식 이후 90일 경과 시점에서 직장검사 및 초음파(Sonovet Pico, Medison, Korea) 검사로 확진하고, 임신 확인 후 분만 기록이 없으면 유산으로 판단하였다. 분만이 된 경우는 생시체증을 측정하였다. 본 연구는 농촌진흥청 국립축산과학원의 동물실험계획서에 의거하여 동물보호법 및 동물실험윤리 위원회에서 승인받아 수행하였다(승인번호: NIAS2016-0182).

2.2 네오스포라증 혈청유병률 조사

공시 가축 286두의 경정맥에서 채혈 후, 혈청을 분리하여 항체 분석 전까지 -20 °C에 냉동보존하였다. 네오스포라증에 대한 혈청학적 검사법으로 enzyme linked immunosorbent assay (ELISA)가 주로 이용되고 있으므로[22,23], 본 연구에서는 상업화된 ELISA kit (Neospora caninum Antibody Test Kit, IDEXX Laboratories, Switzerland)를 사용하여 네오스포라에 대한 항체의 유무를 분석했다. 실험방법은 제조사의 실험방법에 따라서 수행했고, 자동 플레이트 리더기 (Tekan, Austria)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 결과판독은 제조사의 계산식에 따랐다. 혈청유병률은 '(혈청 항체 양성두수/검사두수) x 100'으로 계산하였다.

2.3 통계분석

생시체증 분석은 독립표본 t-검정을 하였고, 그래프는 GraphPad Prism 6.0으로 작성했다. p 값이 0.05보다 낮은 경우 통계적으로 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

3. 결과

3.1 네오스포라증 혈청 유병률

본 농장에서 사육 중인 전체 한우 286두를 대상으로 2016년 4월말 동일한 날에 채혈 후, 네오스포라에 대한 혈청유병률(seroprevalence)을 조사해보니 Table 1에서 보는 바와 같이 6.64 % (19두 양성)였다. 가임암소에 해당하는 14개월령 이상의 암소 200두 중에서는 16두가 양성으로 8.0 %에 이른다. 숫컷에서 양성개체는 1두만 확인되었고 이는 혈청유병률 1.85 %로 암컷 전체 7.76 %의 1/4에도 미치지 않는다.

Table 1. *Neospora caninum* seropositive ratio according to their sex

Sex	No. of head	No. of positive	Seroprevalence (%)
Male	54	1	1.85
Female	232	18	7.76
Fertile cow*	200	16	8.00
Younger	32	2	6.25
Total	286	19	6.64

*Fertile cow's age is 14 months or more.

성별에 따른 나이 분포를 보면, 혈청 유병률 검사 대상 숫컷 54두의 평균 월령은 23개월령이었고, 그 중 2년령 미만이 32두(59.26 %), 2년령 이상 5년령 미만은 19두(35.19 %), 5년령 이상 10년령 미만은 3두(5.55 %), 10년령 이상은 없었다(Fig. 1).

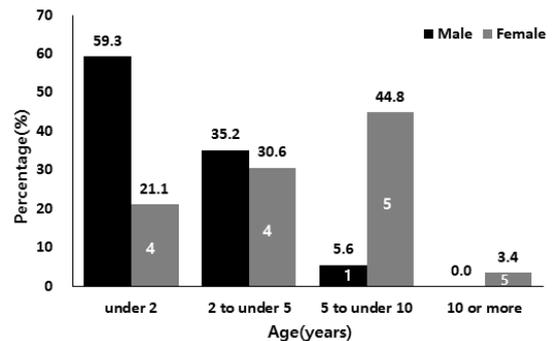


Fig. 1. Age proportion of cattle individuals. White number inside bar means the number of seropositive head belong to the age range.

즉, 숫컷은 94.5 %가 5년령 미만이었으며, 그 중에 네오스포라 항체 양성 개체는 6년령 단 1두뿐이었다. 이에 비해 암컷 232두의 평균 월령은 55개월령으로, 2년령 미만이 49두(21.1 %), 2년령 이상 5년령 미만은 71두(30.6 %), 5년령 이상 10년령 미만은 104두(44.8 %)였으며, 10년령 이상도 8두(3.4 %)나 있었다. 네오스포라 항체 양성 암컷 개체는 각 연령대별로 4두, 4두, 5두 및 5두로 고르게 분포했다. 암컷의 48.3 %가 5년령 이상에 범주에 분포했는데 네오스포라 항체 양성 암컷 개체 18두 중 10두(55.6 %)가 이에 속했다.

네오스포라 항체 양성인 전체 19두는 Table 2에서 보는 바와 같이, 9두는 외부에서 도입된 개체이며, 나머지 10두는 도입된 9두로부터 분만된 개체였다. 이들 외부도

입 암소는 각기 다른 농가에서 성성숙 이후에 2004년 1두, 2006년 4두, 2010년 3두, 2012년 1두가 본 농장으로 입식되었는데, 입식하면서 네오스포라 항체 검사는 실시하지 않았다.

Table 2. The source of seropositive individuals

Source	No. of head	Seroprevalence of dam
Born in this herd	10	Positive
Purchase from outside	9	Unknown

3.2 네오스포라 항체 양성축의 유산율

외부도입 암소 9두는 발정주기 및 생식기의 이상이 관찰되지 않아 2016년 네오스포라 항체 양성률 검사 시기까지 꾸준히 번식에 활용되어 왔다. 네오스포라 항체 양성인 외부도입 암소 9두의 자손은 Fig. 2에서 보는 바와 같이, 최대 3세대에 걸쳐 태아개체까지 포함해 총 35두였다.

네오스포라에 대한 항체가 이번 연구에서 양성으로 확인된 어미소 9두의 자손 중에서 네오스포라 항체검사를 실시하지 못한 7두(Fig. 2 NT)를 제외하고 28두 중에서 네오스포라 항체 양성은 10두, 음성 4두, 유산된 개체가 14두 있었다. 특히, 4번 가계의 1세대 암컷, 5번 가계, 8번 가계의 암컷은 각기 1회, 5회, 2회 임신이 확인된 적이 있으나 한 번도 정상 분만이 이뤄지지 않았다.

네오스포라 항체 양성인 암컷이 판명된 개체 중에 임신 중이던 암컷 3두가 있었는데, 각 개체들의 분만에정일로부터 27일전, 34일전 그리고 50일전에 직장검사를 실시한 결

과, 태아 소실이 확인되었다. 외부 유사산 태아를 확인한 것이 아니어서 정확한 태아 소실 시기는 알 수 없으나 유산되었다고 판단했다. 이들 유산 결과도 Fig. 2에 포함되었다.

이번 혈청유병률 조사에서 네오스포라 항체 음성이었던 암컷의 2017년도 분만기록과 네오스포라 항체 양성이었던 암컷의 2006년부터 2016년까지의 분만기록을 바탕으로 유산율을 분석한 결과, Table 3에서 보는 바와 같이 음성축군(그룹 A)의 유산율은 12.3 %였고, 이에 비해 네오스포라 양성 축군(그룹 B)의 유산율은 40.0 %로 3배 이상 높았다.

본 연구의 혈청유병률 조사 시기에 임신 중이던 네오스포라 항체 양성 암컷 3두는 그 해에 유산되었고, 비임신 상태였던 양성 개체는 번식에 활용하지 않아 2017년 분만기록이 없었다.

Table 3. Abortion rates between seronegative dam(A) and seropositive dam(B)

Group	Seroprevalence	No. of dam	No. of gestation	No. of calving	Abortion rate(%)
A	Negative	57	57	50	12.3
B	Positive	13	35	21	40.0

3.3 네오스포라 항체 양성축의 자축 생시체중

본 연구에서 네오스포라 항체 음성축으로 확인된 개체가 2017년에 분만한 자축 총 50두의 평균 생시체중은 26.9±2.9 kg이었다(Fig. 3 Neg-Neg). 이들 자축도 2017년 검사에 네오스포라 항체 음성이었다(data not shown).

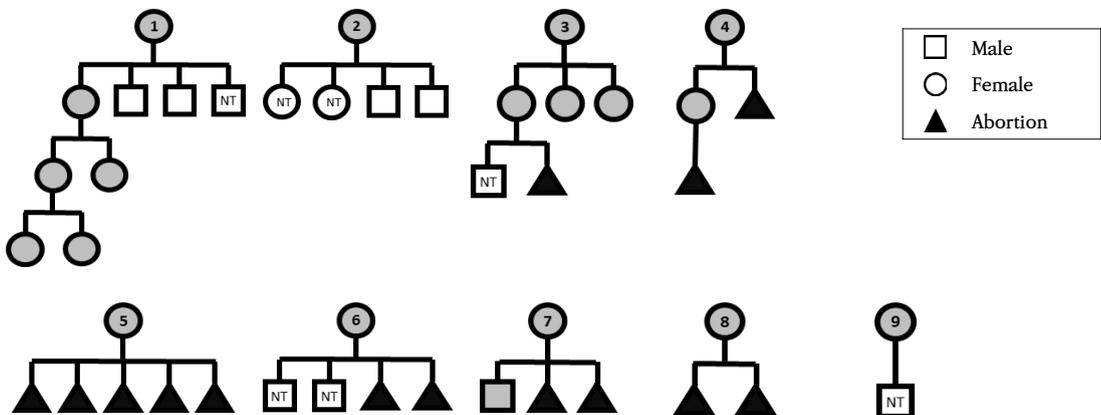


Fig. 2. Genealogical tree for nine families of *N. caninum* seropositive dam, and showing the ELISA results of offsprings. (White filled symbol: seronegative, Gray symbol: seropositive, NT: not tested)

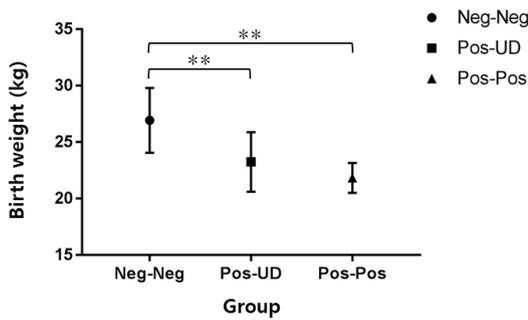


Fig. 3. The birth weight of three dam-calf group. (Neg-Neg: Seronegative dam - seronegative calf, Pos-UD: Seropositive dam - all calves including Undetermined offsprings, Pos-Pos: Seropositive dam - seropositive calf, **: $p < 0.01$)

한편, 이번에 네오스포라 항체 양성축으로 확인된 개체들의 2006년부터 2016년까지 총 11년간의 번식성적을 분석한 결과, 이들을 모체로 태어난 자손은 총 21두였으며 평균 생시체중은 23.4 ± 2.6 kg 이었다(Fig. 3 Pos-UD). 음성축에서 태어난 자축(Neg-Neg)과 생시체중에 차이가 있는지 비교하기 위해 독립표본 t-검정을 실시하였다. F-검정에서 기각되지 않아 등분산을 가정한 t-검정을 실시한 결과 평균차이는 3.44 kg으로 Neg-Neg과 Pos-UD 그룹간 생시체중은 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .01$). 양성축군 어미에서 태어났으나 항체 음성으로 유지되는 자손이 Pos-UD 그룹에 포함되어 있기에 네오스포라 항체 양성 축이 확인된 자손만 음성축군 자손과 평균 생시체중의 차이를 검정해 보았다. 네오스포라 항체 양성축의 자손 중에서 네오스포라 항체 양성으로 확인된 총 10두의 생시체중 평균은 21.8 ± 1.3 kg이었고(Fig. 3 Pos-Pos) 음성축군의 자축 생시체중과 F-검정에서 기각되어 이분산 t-검정을 실시하였고 그 결과, 평균 차이는 5.02 kg으로 더 크게 나타났으며 통계적으로도 유의미한 차이가 있었다($p < .01$). 결과적으로, 어미소가 네오스포라 항체 양성이면 자축의 항체 형성유무에 상관없이, 어미가 네오스포라 항체 음성축인 자축보다 평균 생시체중이 유의미하게 영향을 받는다고 할 수 있다.

4. 고찰

4.1 네오스포라증 혈청 유병률

Dubey 등이 1988년 개의 새로운 포자충이란 뜻으로

Neospora caninum(이하 네오스포라)을 보고한 이래, 소 유산의 한 주요 원인이라는 것이 밝혀지면서, 세계 각국에서 이 기생충에 대한 소에서의 혈청 유병률이 조사되었다. 대개 유산력이 있는 집단이나 유우에서 항체 양성률이 높고 육우는 비교적 낮은 편인데, 아르헨티나에서는 육우 집단인데도 73 %의 높은 항체 양성률이 보고되기도 했다[1]. 국내에서도 1997년 유산된 젖소 태아에서 처음 네오스포라 감염이 보고된 이래[5], 한우 및 젖소에서 지역별 항체 양성률이 다수 조사되었다. 그 중, 이번 조사대상 농가와 가까운 지역의 결과로, 전북의 남원, 순창, 임실지역 한우농가 164개소, 820두에서 41.5 % 농장별 양성률, 6.7 % 개체별 양성률 보고가 있다[13]. 이 문헌에서 남원지역 한우만을 보면 690두 검사에 89두 항체 양성(12.9 %)이었고, 이에 비해 본 연구대상 농장의 6.64 % 개체별 양성률은 낮다고 할 수 있다. 하지만, 혈청 유병률 조사 시기가 본 연구는 2016년이고, 앞의 문헌에서 남원지역을 조사한 시기는 2005년부터 2007년이라서 차이가 있을 수 있고, 일반 한우농가와 다르게 본 연구 농장은 개와 같은 반려동물이 함께 사육되거나 출입이 쉽지 않는 환경이라서 수평전파 기회에도 차이에 있었을 것이다.

한우에서 조사된 네오스포라 혈청 유병률을 지역별로 살펴보면, 경북 남부지역의 한우 2,901두 조사에 1.38 % 개체별 항체 양성률의 보고가 있고[15], 경남 중동부에서는 29.8 % [16], 경남 북부에서는 1.7 %의 개체별 항체 양성률이 보고되었다[17]. 충남지역에서는 한우 개체별 양성률 78.6 %, 농장별 양성률 47.8 %로 상당히 높은 수준이 보고되기도 했다[18]. 전북 서남부의 정읍에서는 한우 농장 290개소, 1,162두 한우를 검사해서 개체별 1.3 %, 농장별 3.8 %의 항체 양성률이 보고되었고[11], 전북 동부지역 한우농가 100개소를 대상으로 실시한 조사에서는 개체별 1.2 %, 농가별 5.0 %의 항체 양성률이 보고되었다[24]. 네오스포라는 소의 개체간 전파가 아니므로 농장별 양성률이 높아도 개체별 항체 양성률은 1.3-1.7 % 수준인 것으로 생각되며, 29.8 % 또는 78.6 % 개체별 항체 양성률을 보인 농장은 유산력이 있고 브루셀라 등 다른 질병의 항체 양성축이 있는 곳이었다. 전국적인 조사 결과로는 1999년부터 2000년까지 전국 8개도 및 제주시의 한우 총 438두의 개체별 항체 양성률 4.1 %가 있다[20].

이와 같은 연구 결과와 비교해보면 본 연구에서의 개체별 항체 양성률 6.64 %는 높은 편이라 할 수 있는데, 이는 저수태우 및 반복유산축도 장기간 사육하는 농장이

기 때문인 것으로 생각되고, 그래서 Table 1과 같이 14개월령 이상 가임압소의 항체 양성률이 8.0 %로 상대적으로 높으며, Fig. 1에서처럼 암컷 전체의 3.4 % 밖에 안되는 10년령 이상 연령 범주에 네오스포라 양성 암컷 18두 중 5두(27.8 %)가 속해있는 것이라 여겨진다. 숫컷은 대부분이 36개월령 미만이며 전체 검사대상 두수의 20 %도 안되므로 항체 양성률이 낮다고 생각된다. 즉, Fig. 1에서 암컷보다 숫컷이 2년령 미만에 두수가 많이 분포하는 것처럼 보이나 실제로는 32두이고, 암컷은 그 범주에 49두가 속한다. 그 연령 범주에서 암컷에만 양성 개체가 있다는 것은 검사대상 두수의 차이에 기인한다고 볼 수 있다. 다른 연령 범주도 동일하다.

4.2 네오스포라 수직감염

네오스포라증은 수직감염이 주된 전파 방식인데 그러한 경우, 항체 양성률이 전반적인 연령에서 고르게 나타난다[25,26]. 출생 후 외부에서 감염되는 경우에는 항체 양성률이 특정 연령대에 많고 그 연령대에서 유산률도 높다[27]. 이번 조사대상 한우 농가의 경우 Fig. 1을 보면 연령대에 비교적 고르게 네오스포라 항체 양성률이 분포한다고 볼 수 있고, Fig. 2의 가계도를 보면 외부에서 도입된 암컷 9두에서 수직감염을 통해 전부 전파가 이뤄졌다고 추정된다. 특히, 이번에 네오스포라 항체 양성 어미의 항체 양성인 자손 1두(Fig. 2 3번 가계)는 수정란 이식으로 태어난 개체이다. 이는 네오스포라의 수직감염은 태반감염에 의한다는 연구보고[28]와 일치하며, 번식에 활용하는 암컷 선발의 중요성을 시사한다.

다수의 문헌을 조사해서 보고한 연구결과에 따르면 소의 네오스포라 수직감염율은 75-100 %로 매우 높다[29]. 이번 연구에서는 Fig. 2처럼 네오스포라 항체 양성인 어미 가계의 자손 총 21두 중에서, 네오스포라 항체 여부 검사가 가능했던 14두 중 10두가 양성으로, 수직감염율은 71.4 %이었다. 초유섭취 전 항체를 검사한 결과가 아니므로 출생 후 감염되었다면 수직감염율은 더 낮아질 수 있다. 그러나 네오스포라 항체 음성 어미에서 항체 음성으로 태어났다가 항체 양성으로 변한 비율이 3.1 % 있었다는 연구 문헌[30]처럼 본 연구에서도 네오스포라 항체 음성축에서 태어난 자축 중에서 항체 양성이었다면 수평감염을 의심해볼 수 있었으나, 네오스포라 항체 양성인 어미의 자손에서만 항체 양성 결과의 연어졌다. 흥미로운 점은 항체 양성인 어미에서 태어난 숫컷 자손 10두 중에서 항체 음성 개체가 4두나 있었다는 점이다(Fig. 2). 이들의 검사시기 연령은 18개월령부터 49개

월령이었기에 수평감염은 거의 없었다고 추측하게 한다. 숫컷 자손 중, 검사하지 못한 개체 5두가 전부 양성이라고 해도 숫컷 자축으로의 수직감염율은 60 %이다. 암컷 자손 11두 중에서는 검사하지 못한 2두를 제외하고 검사할 수 있었던 9두가 100 % 양성인 것과 비교해볼 때, 태아의 성별이 네오스포라 수직감염이나 네오스포라 감염 신생축의 정상적인 분만에 미치는 영향이 있다고 추정해볼 수도 있겠다.

4.3 네오스포라 항체 양성축의 유산율

네오스포라 항체 양성인 압소의 유산은 주로 임신 중기, 5-7개월에 야기된다. 유산의 원인은 다양하고 네오스포라 항체 양성이라고 해서 항상 유산이 발생하는 것은 아니지만, 문헌에 따르면 네오스포라 감염으로 인한 유산 위험률은 39.4 %에 이르기기도 한다[29]. 또한 다량의 문헌을 분석해 유산력이 있는 소에서 네오스포라 혈청 유병률을 조사한 연구에서는 유산한 소의 47 %가 ELISA에 네오스포라 항체 양성이었다[31]. 국내에서는 유산된 소의 태아 180두 중에서 21.1 %인 38두가 네오스포라 감염으로 확진되었다[32]. 본 연구에서는 네오스포라 항체 양성 개체군의 유산율은 40.0 %로 음성개체군의 12.3 %보다 3.3배가량 높았다. 국내 지역별 일반 한우 농가 45개소를 대상으로 번식우 관리 및 송아지 생산 현황을 조사한 문헌[33]에서 한우 농가 유산율이 호흡기 종합 백신을 적극적으로 실시하는 농가는 5.36 ± 10.4 %, 그렇지 않은 농가에서는 9.77 ± 18.3 %였던 것에 비해서 본 연구대상 농장은 네오스포라 항체 음성 개체군의 유산율도 높은 편이다. 이는 10년 이상 암컷을 장기간 사육하는 본 연구 농장의 특성에 기인하는 것으로 생각된다. 반복유산율도 Fig. 2를 보면 유산이 확인된 7두 중에서 반복해서 유산이 일어난 개체는 총 4두로 57.1 %에 이른다. 이와 유사한 수치로 젖소농가에서 네오스포라 항체 양성이며 유산력이 있는 개체를 3년간 지속 관찰한 결과, 반복유산이 51 % 발생했다는 국외 보고가 있다[34].

네오스포라 감염실험에서도 임신 말기에 감염되면 정상분만이 이뤄지는데[28], 이러한 반복유산을 보이는 개체들은 연령이나 면역력, 질병감염 여부 등 어미의 건강상태가 영향을 주었을 것으로 생각된다. 실제로 이번에 채혈 당시 최고령이었던 14년령의 네오스포라 항체 양성축은 2002년생이며 2006년에 본 축군에 도입된 이후 2016년까지 10년간 5회의 임신이 확인되었으나 정상분만이 전혀 없었다. 이 개체 이외에 유산이 1회만 확인된

개체는 2년령, 3년령, 7년령 각 1두씩 있었고, 2회의 유산이 확인된 개체는 5년령 1두, 11년령 2두가 더 있었다. 개체별로 번식에 활용된 횟수가 상이해서 비교는 어려우나 네오스포라 항체 양성이면서 유산이 반복되는 것은 연령의 영향이 큰 것으로 생각된다.

4.4 네오스포라증과 자축의 생시체중

한우의 생시체중은 태어난 년도, 계절 및 지역, 어미의 산차, 연령 및 영양상태, 성별, 종모우 효과, 유전 등 다양한 요인에 의해 영향을 받는다[35]. 본 연구에서 네오스포라 음성축군의 자축은 전부 2017년생이고, 양성축군의 자축은 2009년에서 2016년 사이에 태어난 개체라서 생시체중 비교가 적절하다고 하기는 어렵다. 그러나 본 연구대상 농장은 체중 개량이나 육질 개선 등 상업적 목적의 육종 개량보다는 유지를 목적으로 사육하므로, 체중이나 크기의 변동이 크지 않을 것으로 생각된다. 사양관리의 변화도 거의 없고, 외부유입도 매우 적은 축군이다. 유사한 시기인 2006년에서 2016년 사이에 강원도 축산기술연구소에서 출생한 1,069두의 생시체중이 27.66 ± 4.14 kg[36]인 것에 비하면, 본 연구에서 네오스포라 항체 음성축으로 확인된 개체로 부터 2017년에 분만된 자축 총 50두의 생시체중 26.9 ± 2.9 kg(Fig. 3 Neg-Neg)는 낮은 수치이다. 앞의 강원도 지역의 시험축은 55.3 % 숫컷이었고 본 연구의 50두는 32 %가 숫컷이었다. 시험축 두수 차이도 영향을 줬을 것이고, 일반적으로 숫컷 자축이 암컷 자축보다 생시체중이 크므로 성별의 영향을 받았을 것으로 여겨진다.

외부에서 유입된 네오스포라 항체 양성 암컷 9두의 자손 21두 중에서 이번에 항체 양성이 확인된 개체는 10두였고(Fig. 3 Pos-Pos), 1두를 제외하고 전부 암컷이었다. 따라서 생시체중이 작았을 수 있다. 하지만 전체 자손 21두의 성비는 숫컷이 11두(52.4 %)이므로 충분히 음성축군 자축 50두와 비교해 볼 수 있었고, 유의미한 통계적 차이가 확인되었다(Fig. 3 Neg-UD Vs. Neg-Neg).

네오스포라 항체 양성인 개체 중에 외부에서 도입된 9두는 시기별로 다른 농장에서 도입된 것이므로 전부 유전적으로 작은 체형이어서 후손의 생시체중에 영향을 줬다고 생각되지는 않는다. 한우의 생시체중은 출하체중, 도체형질과 중정도의 상관관계가 있다[37]. 한편, 비육우에서 이유 후부터 도축시까지 체중 변화를 분석한 결과, 네오스포라 항체 양성 개체는 영양섭취 효율과 증체량이 상대적으로 항체 음성 개체보다 낮았다는 국외 보고가 있다[38]. 네오스포라 감염축에서 항체 음성인 자축도 양

성인 자축도 태어나는 정확한 이유는 밝혀진 바 없으나 [39], 본 연구의 결과로 볼 때 네오스포라 감염된 모축에서 생산된 송아지 생시체중은 유의미하게 감소하는 결과를 나타내어 어미로부터 감염원의 이행이 건강한 신생자에게도 영향을 미치는 것으로 추측된다. 네오스포라에 감염된 모축은 임신기 태아시기의 태아 성장기의 세포증식 뿐 만 아니라 출생 후 송아지와 육성기 성장에 필요한 성장인자(Growth Factor, GF)의 발현 억제로 인한 근육 분화에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구에서는 네오스포라 감염이 유산을 및 정상 분만 자축의 생시체중에 미치는 영향을 조사했다. 조사 대상 농장의 286두 한우의 개체별 네오스포라 항체 양성률은 6.64 %였고, 외부도입 항체 양성개체의 가계를 중심으로 수직감염을 통해 전파되었음을 알 수 있었다. 유산율은 항체 음성축군이 12.3 %인 것에 비해 양성축군은 40.0 %로 3배 이상 높았고, 양성축군의 자손은 음성축군의 자손보다 생시체중이 작았다.

References

- [1] J. P. Dubey, G. Schares, "Neosporosis in animals-the last five years", *Veterinary parasitology*, Vol.180, Issues1-2, pp.90-108, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.05.031>
- [2] J. P. Dubey, "Review of *Neospora caninum* and neosporosis in animals", *The Korean journal of parasitology*, Vol.41, No.1, pp.1-16, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.3347/kjp.2003.41.1.1>
- [3] J. P. Dubey, G. Schares, L. M. Ortega-Mora, "Epidemiology and Control of neosporosis and *Neospora caninum*", *Clinical microbiology reviews*, Vol.20, No.2, pp.323-367, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1128/CMR.00031-06>
- [4] M. L. Mazuz, B. Leibovitz, I. Savitsky, E. Blinder, D. Yasur-Landau, "The Effect of Vaccination with *Neospora caninum* Live-Frozen Tachyzoites on Abortion Rates of Naturally Infected Pregnant Cows" *Vaccines*, Vol.9, No.4, p.401-412, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.3390/vaccines9040401>
- [5] D. Y. Kim, W. S. Hwang, J. H. Kim, K. Hur, E. K. Hwang, "Bovine abortion associated with *Neospora* in Korea", *Korean Journal of Veterinary Research*, Vol.37, No.3, pp.607-612, 1997.

- [6] J. H. Kim, E. K. Hwang, H. J. Sohn, Y. H. Jean, S. S. Yoon, "Repeated bovine abortion associated with *Neospora caninum* in Korea", *Korean Journal of Veterinary Research*, Vol.38, No.4, pp.853-858, 1998.
- [7] E. K. Hwang, "Pathology, Parasitology: Seroprevalence of Antibodies to *Neospora caninum* in Korean Native Cattle Raised in Kangwon Province", *Korean Journal of Veterinary Research*, Vol.43, No.2, pp.283-288, 2003.
- [8] E. K. Hwang, "Pathology, Parasitology: Seroprevalence of antibodies to *Neospora caninum* in dairy cattle raised in Kangwon province", *Korean Journal of Veterinary Research*, Vol.50, No.1, pp.19-24, 2010.
- [9] Y. S. Chae, J. T. Woo, S. R. Yoon, D. U. Han, B. J. Lee, "Epidemiological study of bovine neosporosis in Gyeonggi province", *Korean Journal of Veterinary Research*, Vol.30, No.2, pp.275-281, 2007.
- [10] K. Jung, H. S. Shim HS, "Short Communication : Seroprevalence of *Neospora caninum* in dairy cattle of northern Gyeonggi province in Korea", *Korean Journal of Veterinary Service*, Vol.36, No.1, pp.53-56, 2013.
- [11] J. M. Jeong, M. S. Kweon, Y. B. Yoon, K. S. Han, "Seroprevalence of antibodies to *Neospora caninum* in Korean indigenous cattle in Jeongeup province", *Korean Journal of Veterinary Service*, Vol.28, No.2, pp.99-106, 2005.
- [12] K. S. Chu, S. G. Hyong, J. C. Im, L. W. Seo, "Seroprevalence of infection with *Neospora caninum*, Mycobacterium paratuberculosis, bovine Leukosis and Brucella abortus of dairy cattle in Jeonbuk-Iksan area", *Korean Journal of Veterinary Service*, Vol.30, No.1, pp.95-102, 2007.
- [13] M. S. Kwon, J. M. Jeong, J. Y. Lee, J. J. Bae, Y. B. Yoon, "Epidemiological study for *Neospora caninum* in HanWoo and Holstein-beef cattle in Namwon areas", *Korean Journal of Veterinary Service*, Vol.31, No.1, pp.79-86, 2008.
- [14] R. H. Chon, Y. S. Jang, E. M. Lee, J. H. Choi, N. C. Park, "Investigation of *Neospora caninum* infection in Korean indigenous Cattle in Uljin", *Korean Journal of Veterinary Service*, Vol.31, No.3, pp.363-367, 2008.
- [15] J. W. Lee, J. H. Sohn, J. H. Kim, S. Y. Kim, K. H. Cho, "Serosurvey for antibodies against *Neospora caninum* in Korean indigenous cattle in the southern area of Gyeongbuk and Ulleung-gun", *Korean Journal of Veterinary Service*, Vol.41, No.3, pp.185-190, 2018.
- [16] A. R. Park, D. S. Hah, S. S. Jo, Y. T. Kwun, D. Y. Park, "Seroprevalence of antibodies to *Neospora caninum* in Korean indigenous cattle in Gyeongnam central area", *Korean Journal of Veterinary Service*, Vol.33, No.2, pp.151-156, 2010.
- [17] M. K. Lee, J. S. Park, M. H. Kim, D. Y. Park, C. H. Kim, "Seroprevalence of antibodies to *Neospora caninum* and *Toxoplasma gondii* in cattle in northern area of Gyeongnam", *Korean Journal of Veterinary Service*, Vol.34, No.3, pp.245-250, 2011
- [18] I Heo, Y. J. Kim, H. Kim, J. H. Heo, I. G. Park, "Serological survey of antibody to *Neospora caninum* in cattle", *Korean Journal of Veterinary Service*, Vol.24, No.1, pp.9-14, 2001.
- [19] K. Hur, J. H. Kim, W. S. Hwang, E. K. Hwang, Y. H. Jean, "Seroepidemiological study of *Neospora caninum* in Korean dairy cattle by indirect immunofluorescent antibody assay", *Korean Journal of Veterinary Research*, Vol.38, No.4, pp.859-866, 1998.
- [20] J. H. Kim, J. K. Lee, E. K. Hwang, D. Y. Kim, "Prevalence of antibodies to *Neospora caninum* in Korean native beef cattle", *Journal of Veterinary Medical Science*, Vol.64, No.10, pp.941-943, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1292/jvms.64.941>
- [21] J. E. Kim, J. W. Son, Y. M. Yang, H. C. Jeon, K. S. Jin, "Seroprevalence of antibodies to *Neospora caninum* in cattle at Seoul slaughtering center", *Korean Journal of Veterinary Service*, Vol.34, No.2, pp.179-185, 2011.
- [22] S. Guido, F. Katzer, I. Nanjiani, E. Milne, E. A. Innes, "Serology-based diagnostics for the control of bovine neosporosis", *Trends in Parasitology*, Vol.32, No.2, pp.131-143, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pt.2015.11.014>
- [23] W. Wouda, J. Brinkhof, C. Van Maanen, A. L. W. De Gee, A. R. Moen, "Serodiagnosis of neosporosis in individual cows and dairy herds: a comparative study of three enzyme-linked immunosorbent assays", *Clinical Diagnostic Laboratory Immunology*, Vol.5, No.5, pp.711-716, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1128/cdli.5.5.711-716.1998>
- [24] J. M. Song, K. R. Shonm W, S. Koh, J. W. Lee, "Seroprevalence of abortion and stillbirth inducing disease in Hanwoo, in Jeonbuk eastern area", *Korean Journal of Veterinary Service*, Vol.37, No.3, pp.179-183, 2014. DOI: <https://doi.org/10.7853/kjvs.2014.37.3.179>
- [25] H. C. Davison, N. P. French, A. J. Trees, "Herd-specific and age-specific seroprevalence of *Neospora caninum* in 14 British dairy herds", *Veterinary Record*, Vol.144, No.20, pp.547-550, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.144.20.547>
- [26] W. Wouda, C. J. M. Bartels, A. R. Moen, "Characteristics of *Neospora caninum*-associated abortion storms in diary herds in The Netherlands (1995 to 1997)", *Theriogenology*, Vol.52, No.2, pp.233-245, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(99\)00125-9](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(99)00125-9)
- [27] Th. Dijkstra, H.W. Barkema, M. Eysker, W. Wouda, "Evidence of post-natal transmission of *Neospora caninum* in Dutch dairy herds", *International Journal for Parasitology*, Vol.31, No.2, pp.209-215, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(00\)00160-0](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(00)00160-0)
- [28] J. Benavides, F. Katzer, S. W. Maley, P. M. Bartley, G. Cantón, "High rate of transplacental infection and

- transmission of *Neospora caninum* following experimental challenge of cattle at day 210 of gestation”, *Veterinary research*, Vol.43, No.1, pp.83-96, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1186/1297-9716-43-83>
- [29] M. P. Reichel, M. A. Ayanegui-Alcérrec, L. F. P. Gondim, J. T. Ellis, “What is the global economic impact of *Neospora caninum* in cattle - the billion dollar question”, *International Journal for Parasitology*, Vol.43, No.2, pp.133-142, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2012.10.022>
- [30] V. C. S. Magalhães, U. V. Oliveira, S. C. L. Costa, I. A. Santos, M. J. S. Pereirac, “Transmission paths of *Neospora caninum* in a dairy herd of crossbred cattle in the northeast of Brazil”, *Veterinary Parasitology*, Vol.202, No.3-4, pp.257-264, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.01.018>
- [31] T. Nayeri, M. Moosazadeh, S. Sarvi, A. Daryani, “*Neospora caninum* infection in aborting bovines and lost fetuses: A systematic review and meta-analysis”, *Plos one*, Vol.17, No.5, pp.1-23, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268903>
- [32] J. H. Kim, J. K. Lee, B. C. Lee, B. K. Park, H. S. Yoo, “Diagnostic Survey of Bovine Abortion in Korea: With Special Emphasis on *Neospora caninum*”, *Journal of Veterinary Medical Science*. Vol.64, No.12, pp.1123-1127, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1292/jvms.64.1123>
- [33] B. C. Yang, S. S. Kang, U. H. Kim, S. S. Jang, B. S. Yang, “Surveys on Reproduction Status and Calf Production of Hanwoo Farmers”, *Journal of Embryo Transfer*, Vol.32, No.3, pp.171-176, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.12750/JET.2017.32.3.171>
- [34] M. Pabón, F. López-Gatius, I. García-Ispuerto, G. Bech-Sabat, C. Nogareda, “Chronic *Neospora caninum* infection and repeat abortion in dairy cows: a 3-year study”, *Veterinary Parasitology*, Vol.147, No.1-2, pp.40-46, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.03.017>
- [35] J. G. Choi, K. J. Jeon, C. W. Lee, G. J. Na, C. Lee C, “Estimation of genetic parameters of body weight by growth periods for Hanwoo using animal model” *Journal of Animal Science and Technology*, Vol.45, No.5, pp.667-678, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.5187/JAST.2003.45.5.667>
- [36] C. W. Lee, C. S. Choi, H. S. Hwang, Y. S. Park, J. S. Song, “Relationships of Weaning Weight with Gestation Length, Birth Weight, and Pre-weaning Daily Gain in Hanwoo”, *Journal of Agriculture and Life Science*, Vol.52, No.3, pp.63-71, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.14397/jals.2018.52.3.63>
- [37] J. K. Noh, C. H. Park, J. H. Son, K. H. Lee, C. H. Do, “Estimation of Genetic Parameters and Identification of correlations between Carcass Traits and Birth Weight in Hanwoo”, *Journal of Animal Breeding and Genomics*, Vol.5, No.2, pp.71-93, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.12972/jabng.20210006>
- [38] K. S. Barling, J. W. McNeil, J. A. Thompson, J. C. Paschal, F. T. McCollum 3rd, “Association of serologic status for *Neospora caninum* with postweaning weight gain and carcass measurements in beef calves”, *Journal of the American Veterinary Medical Association*, Vol.217, No.9, pp.1356-1360, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.2460/javma.2000.217.1356>
- [39] J. H. Son, B. K. Park, S. H. Seo, H. Y. Son, S. W. Cho, S. Y. Ryu “Estimation of *Neospora caninum* seroprevalence in dairy cattle in Gongju and Yeongi and transmission pattern to newborn calves”, *Journal of Veterinary Clinics*, Vol.28, No.1, pp.46-51, 2011.

김 찬 란(Chan-Lan Kim)

[정회원]



- 2005년 3월 : 일본 기후연합대학원 수의학과 (수의학박사)
- 2005년 4월 ~ 2006년 7월 : 일본 홋카이도대학 박사후연구원
- 2006년 7월 ~ 2014년 10월 : 농림축산검역본부 수의연구원
- 2014년 10월 ~ 현재 : 국립축산과학원 수의연구원

<관심분야>

수의학, 예방의학, 공중보건

김 남 태(Nam tae Kim)

[정회원]



- 2013년 2월 : 한국방송통신대학교 농학과 (농학사)
- 2001년 7월 ~ 현재 : 국립축산과학원 연구원

<관심분야>

가축번식, 수정란이식

이 세 영(Se young Lee)

[정회원]



- 2021년 8월 : 경상국립대학교
응용생명과학부 (농학석사)
- 2018년 9월 ~ 현재 : 국립축산과
학원 농업연구사

<관심분야>

번식생리학, 수정란이식

이 재 영(Jae-young Lee)

[정회원]



- 2017년 2월 : 건국대학교 동물자
원과학과 (농학사)
- 2023년 2월 : 부산대학교 동물생
명자원과학과 (이학석사)
- 2019년 9월 ~ 현재 : 국립축산과
학원 연구사

<관심분야>

동물번식학, 동물면역학, 생명공학

고 응 규(Yeoung-Gyu Ko)

[정회원]



- 1997년 8월 : 전북대학교 축산학과
(축산학박사)
- 2004년 3월 : 동경대학교 수의학과
(수의학박사)
- 1997년 7월 ~ 현재 : 국립축산과
학원 연구직

<관심분야>

수정란이식, 세포생화학