

한우 발정기 행동변화에 대한 연구

천시내^{1,2}, 유금주^{1,3}, 김찬호¹, 정지연¹, 김동훈¹, 전중환^{1*}

¹국립축산과학원 동물복지연구팀, ²경상대학교 대학원 동물자원학과, ³전북대학교 대학원 축산학과

Study on behavioral change of estrus in Hanwoo (Korean native cattle)

Si Nae Cheon^{1,2}, Geum Zoo Yoo^{1,3}, Chan Ho Kim¹, Ji Yeon Jung¹,
Dong Hun Kim¹, Jung Hwan Jeon^{1*}

¹Animal Welfare Research Team, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

²Department of Animal Science, Gyeongsang National University

³Department of Animal Science, Jeonbuk National University

요약 소의 발정을 정확하게 탐지하는 것은 번식률을 향상시키는데 매우 중요하며, 현재 발정기 소의 행동 특성들을 활용한 다양한 발정탐지 기술들이 개발되고 있다. 본 연구에서는 우리나라 고유품종인 한우의 발정기 행동변화에 대한 기초자료를 수집하기 위하여 발정기 한우의 활동량, 승가행동 및 발성횟수 등에 대해 조사하였다. 총 4두의 한우 경산우를 공시하였으며, 각 개체별로 목걸이형 생체정보 수집장치(Bio-telemetry device)를 설치하였다. 발정이 확인된 날을 포함하여 발정 2일 전부터 발정 후 3일까지 총 6일간 이동거리, 승가행동 및 발성음을 비교 분석한 결과, 발정 2일 전부터 발정 1일 전까지 이동거리의 변화가 거의 없었으나, 발정이 확인된 당일부터 급격히 증가하였으며($p < 0.001$), 발정 후 1일 후부터는 서서히 감소하기 시작하였다. 또한 소의 활동량이 낮보다 밤 시간대에 더 활발한 것으로 나타났다. 반면, 승가행동은 발정 2일 전부터 발생빈도가 점점 증가하기 시작하여 발정 당일에 가장 높게 나타났으며($p < 0.01$), 전 시간대에 걸쳐서 불특정하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 한편, 발성음의 경우 발정 당일에는 발성음 빈도가 증가하는 경향을 보였으나 유의적인 차이가 없었다($p > 0.05$). 발정기 한우의 승가행동은 발정 2일전부터 시작해서 발정 당일에 가장 높게 나타나는 특성이 있기 때문에 활동량보다 우선적으로 발정을 예측할 수 있는 지표로써 활용 가능할 것으로 보이며, 이 두 가지 지표를 함께 활용한다면 한우의 발정탐지율을 향상시키는데 도움이 될 것으로 판단된다. 발정탐지율을 높이기 위해서는 한우의 발정기 행동 특성과 관련하여 더욱 다양한 정보들이 필요할 것이다.

Abstract The detection of estrus is very important for the successful reproductive efficiency of cattle. This has prompted the development of electronic estrus detection techniques by using the characterization of estrus behavior. The objective of this study was to investigate the changes in physical activity, mounting behavior and vocalization during estrus in Hanwoo (Korean native cattle). Bio-telemetry devices were attached to 4 multiparous Hanwoo and physical activity was compared, namely mounting behavior and vocalization for 6 days (from 2 days before the day of estrus to 3 days after the day of estrus). Physical activity rapidly increased on the day of estrus ($p < 0.001$) and was frequently observed at night time. Mounting behavior gradually increased, starting from 2 days before the day of estrus and reached its highest level on the day of estrus ($p < 0.01$). The circadian rhythm showed irregularities during this entire period ($p > 0.05$). There was no significant difference in vocalization during the experiment period ($p > 0.05$). In conclusion, we assumed that mounting behavior is an early indicator to detect estrus in Hanwoo and if both mounting behavior and physical activity are considered together it would be possible to detect estrus with a higher probability. Further studies with more information from different sources regarding the measuring of estrus in Hanwoo are needed.

Keywords : Estrus Behavior, Korea Native Cattle, Mounting, Physical Activity, Vocalization

본 연구는 농촌진흥청 연구사업 (세부과제번호: PJ01384403)의 지원에 의해 이루어진 것임.

본 연구는 2020년도 농촌진흥청 학-연협동 연구과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Jung Hwan Jeon(National Institute of Animal Science, R.D.A.)

email: jeon75@korea.kr

Received September 29, 2020

Revised October 29, 2020

Accepted November 6, 2020

Published November 30, 2020

1. 서론

대부분의 동물은 발정기가 되면 외음부가 부어오르고 출혈을 보이거나 몸을 비비고 꼬리를 올리는 등 발정징후 및 발정행동을 나타낸다. 소의 경우, 평소보다 활동량이 2~4배 증가하며[1], 다른 소의 등에 올라타는 증가행동과 증가 하는 소 밑에 가만히 서있는 증가하용 행동, 그리고 다른 소에게 턱을 괴는 행동 등 다양한 발정행동을 보인다[2,3]. 그러나 일부 소에서는 실제 발정 증임에도 불구하고 이러한 발정 행동들이 미약하거나 나타나지 않는 경우가 있다. 또한 최근 발정지속시간이 단축되면서 관리자가 소의 발정징후 및 발정행동 등을 한정된 시간 내 육안으로 관찰하여 발정 여부를 판단하는 방법만으로는 소의 정확한 발정 탐지가 어렵게 되었다. 따라서 최근 소의 발정 감지를 향상시키기 위한 다양한 센서 시스템들이 개발 및 연구되고 있으며, 영상을 통해서 빠르게 발정을 감지할 수 있는 기술들이 개발되고 있다[4]. 또한 목걸이형 발정감지 장치, 걸음 수를 확인하는 만보계, 증가행위를 확인하는 스크래치 카드 등의 정보들을 함께 이용하는 방법도 연구되고 있다[5]. 국내에서도 발정관찰 및 건강관리를 위한 생체정보 수집장치의 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 하지만 대부분 젖소의 발정에 대한 연구가 수행되었으며 상대적으로 한우의 발정에 대한 연구는 매우 미비한 실정이다. 한우를 사육하는 축사환경과 가축관리의 방법이 젖소의 사양관리와 다름에도 불구하고 이에 대한 차별화된 연구가 수행되지 못한 것은 우리 고유품종인 한우에 대한 연구와 더불어 향후 정밀가축사양을 위한 기초자료의 확보를 위해서라도 보완되어야 할 부분이다.

따라서 본 연구는 한우의 발정기 행동변화에 대한 기초자료를 수집하기 위해 수행되었으며 발정기 한우의 활동량, 증가행동 및 발정횟수 등 특이행동 변화를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시동물 및 사양관리

본 연구는 강원도 춘천시에 위치한 강원대학교 부속목장에서 수행하였으며, 축사는 콘크리트 바닥으로 된 개방식 형태로, 톱밥우사였다. 한우 경산우(45 ~ 67개월령) 4두를 공시하였으며, 시험에 이용한 사료는 시판되는 번

식우용 배합사료로 일반성분은 Table 1과 같았다. 배합사료는 3 kg을 1일 2회(07:00, 17:00) 나누어 급여하였으며 조사료, 물과 미네랄은 자유 채식하도록 하였다.

Table 1. Composition of diets fed to Hanwoo

Ingredient (%)	Reproductive cattle
Corn Fine + Corn Flaked	20.40
Palm Meal	16.00
Wheat Fine	6.00
Wheat Flour	5.00
Corn Germ Meal	2.00
Corn DDGS ¹⁾	2.00
CGF ²⁾	15.20
Wheat MIDDS ³⁾	14.00
Rice Barn	6.50
Molasses	3.00
Limestone Fine	3.00
Salt	0.70
Vitamin Premix	0.25
Mineral Premix	0.30
etc	5.65
Total	100.00
Chemical composition (%)	
Dry matter	11.50
Crude protein	13.50
Crude fat	4.30
Crude fiber	6.98
Crude ash	7.95
Calcium	1.35
Phosphorus	0.60
TDN ⁴⁾	71.38

¹⁾Dry Distiller grains with solubles; ²⁾Corn Gluten Feed; ³⁾Middlings; ⁴⁾Total Digestible Nutrients, calculated value from the formula of feed company



Fig. 1. Photograph of the bio-telemetry device attached to cow's neck collar.

2.2 실험장치 및 실험방법

각 개체별로 목걸이형 생체정보 수집장치 (Bio-telemetry device)를 설치하여(Fig. 1) 활동량, 승가행동 및 발성음 횟수에 대한 자료를 수집하였다. 목걸이형 생체정보 수집 장치는 RTLS (Real Time Location System, 실시간 위치 추적)센서, 3축 가속도 센서, voice 센서 등으로 구성되어 있으며, 세부사항은 Table 2와 같다. 공시동물의 발정확인은 각 개체별로 매일 3회 (07:00, 13:00, 19:00), 30분씩 외음부 상태 및 승가행위 발생유무를 관찰하여 발정을 판별하였다. 발정이 확인된 날을 포함하여 발정 2일 전부터 발정 후 3일까지 총 6일간의 이동거리, 승가행동 및 발성음 자료들을 비교 분석하였다.

2.3 통계분석

본 시험에서 얻어진 모든 결과는 SAS (Statistical Analysis Systems, ver. 7.1, Institute Inc., Cary, NC)의 분산분석(ANOVA)을 이용하여 분석하였으며, 처리구 간의 유의성은 Duncan's multiple range test를 이용하여 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 이동거리

개체별 활동량은 RTLS 정보를 이용하여 개체별 위치를 확인한 후 이동거리를 산출하였다. 이를 비교한 결과, 발정 2일 전부터 발정 1일 전까지의 이동거리는 각 775.4 ± 298.3 m, 833.5 ± 431.5 m로 거의 변화가 없었으나, 발정이 확인된 당일의 이동거리가 평균 1385.6 ± 887.7 m로 급격하게 증가하였다(Table 3). 발정 당일 한우의 이동거리가 최대로 증가한 다음, 발정

Table 2. Component specifications of the bio-telemetry device

Item	RTLS sensor	Accelerometer	Voice sensor
Model	DW101C	LIS12TR	NS-SDSM
Range	±5cm	±2~±16g	0~120dB
Power	2.8~3.6V	1.71~3.6V	3.3~5V
Type	IEEE802.12.4-2011 UWB	3-axis accel-erometer	condenser microphone

Table 3. Distance (± SD) of the movement of the Hanwoo according to days

Date*	Distance (m)	p-value
-2	775.4 ± 298.3 ^b	0.0002
-1	833.5 ± 431.5 ^b	
0	1385.6 ± 887.7 ^a	
+1	1052.2 ± 582.2 ^{ab}	
+2	780.4 ± 327.1 ^b	
+3	814.1 ± 310.1 ^b	

*-2: 2 days before the day of estrus, -1: 1 day before the day of estrus, 0: The day of estrus, +1: 1 day after the day of estrus, +2: 2 days after the day of estrus, +3: 3 days after the day of estrus

^{ab}Means in columns with different superscripts differ significantly ($p < 0.001$)

후 1일 후부터는 서서히 감소하기 시작하였으며, 발정 후 2일과 발정 후 3일에는 발정 전과 유사한 이동거리를 나타냈다($p=0.0002$).

이동거리의 증가는 활동량의 증가를 의미하며, 발정기 동안 활동량이 증가하는 소의 행동특성은 이전 연구결과에서도 볼 수 있다[6, 7]. Roelofs et al., (2005)와 Zebari et al. (2008)는 본 연구와 동일하게 발정 당일에 소의 활동량이 증가하는 결과를 보였다[8,9]. 그리고 Silper et al. (2015)은 서 있는 행동(standing heat)이나 승가행동(mounting) 보다 활동량을 활용하여 소의 발정을 감지하는 것이 더 유용한 지표가 될 것이라 보고한 바 있다[10]. 다만, 한우의 발정감지율을 높이기 위해서는 한우의 발정기 활동량에 영향을 미치는 세부적인 요인에 대한 더욱 더 세밀한 연구가 필요할 것으로 보인다.

또한 발정기 활동량의 증가를 이용하여 수정정기를 추정하는 연구가 수행된 바 있다. Maatje et al. (1999)에 의하면, 소의 활동량이 증가한 후 6시간에서 17시간 사이에 수정될 확률이 가장 높으며, 최적의 수정정기는 활동량이 증가한 후 11.8시간이다[11]. 그리고 활동량의 증가와 배란과의 관계를 살펴보았을 때, 활동량 증가와 활동량 최고치는 배란 전 난포기와 항상 일치하지는 않으나 활동량과 그 기간이 증가할 경우 발정감지의 확률이 높아진다[12].

실험기간 동안 한우의 이동거리를 일일 시간단위로 분석한 결과, 07:00이후부터 서서히 증가하기 시작하여 19:00~21:00에 최대로 나타났다(Fig.2a, $p < 0.0001$). 이를 통해 소의 활동량이 상대적으로 오전보다 늦은 오후 또는 밤 시간대에 더 활발하다는 것을 알 수 있었으며, 이는 일반적으로 한우는 낮 동안 활동량이 많고 밤에는

휴식을 취할 것이라는 예상과는 반대의 결과이었다. Reith et al. (2014)도 낮보다 야간 동안 소의 활동량이 증가한 것으로 보고한 바 있다[13]. 발정 당일에도 이와 비슷한 양상을 보였으며, 빈도수가 증가하고 17:00에 활동량이 최대로 나타나면서 시간대가 빨라진 것을 볼 수 있다.

따라서 발정기 한우의 이동거리 변화에 대한 행동특성을 잘 활용한다면, 발정감지를 더욱 쉽게 할 수 있을 뿐만 아니라 수정시기 추정을 통한 수정률 향상에도 큰 도움이 될 것이라 판단된다. 다만 발굽질병이 있는 개체에서 발정행동이 감소하는 경향이 있으므로 이에 대한 주의가 필요할 것이다[14].

3.2 승가행동

실험기간 동안 한우의 승가행동은 Table 4와 같이 발정 2일 전에 25.5 ± 21.0회, 발정 1일 전에는 34.8 ± 20.2회로 조금 증가하는 경향이 나타났으며, 발정 당일에는 44.8 ± 33.3회로 증가한 이후부터는 다시 감소하는 경향을 보였다($p=0.0031$). 이동거리의 경우 발정 당일에 크게 증가하는 패턴을 보인 반면에 승가행동은 발정 2일 전부터 승가행동이 증가하여 발정 당일 이후부터는 감소하는 특성을 보였다.

전통적으로 소의 발정을 감별하는데 있어 승가를 허용하는 서 있는 행동을 많이 참고하지만, 실제적으로 대부분의 소들은 배란이 일어나기 전 서 있는 행동보다는 승가행동을 더 많이 나타낸다. 승가행동은 서 있는 행동이 시작하기 평균 9.6시간 전부터 나타나기 시작해서 서 있는 행동 종료 후 18.4시간까지 지속되거나[15], 서 있는 행동이 시작하기 6~1시간 전에 시작해서 서 있는 행동

종료 후 3시간까지 지속된다[16]. 승가행동은 배란일과 유의적인 관계가 있으며, 인공수정 후 24시간 이내에 배란된 개체의 경우 48시간 이내에 배란된 개체에 비하여 승가행동이 더 많이 나타났다[17].

발정당일 승가행동의 발생 빈도수에 대해서는 다양한 연구결과들이 제시되고 있다. Walker et al. (1996)은 평균 10.1회[18], Piggott et al., (1996)은 7.2회[19] 그리고 At-Taras and Spahr (2001)은 6.7회와 5.4회라고 보고한 바 있다[20]. 승가행동은 우사 내 바닥 재질에도 영향을 받는 것으로 알려져 있으며, 콘크리트보다 더 부드러운 바닥에서 승가행동이 25% 증가한다고 한다[21]. 또한 승가행동을 포함한 발정행동은 호르몬에 영향을 받는데[22, 23] 특히, 열 스트레스는 혈액 내 에스트라디올을 생성을 저하시킴으로써 소의 발정 강도를 감소시킨다[24].

실험기간 동안 한우의 승가행동 발생빈도를 일일 시간 단위로 분석하였을 때 하루 중에서 08:00~10:00, 그리고 17:00~19:00에 상대적으로 높게 나타나는 경향이 있었으나 하루 동안 전 시간대에 걸쳐서 불특정하게 나타났다(Fig. 2b, $p=0.3633$). 반면, 발정 당일에는 4:00부터 승가행동 빈도수가 급격하게 증가하기 시작하여 오전 내내 높게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이러한 승가행동의 특성을 고려하였을 때 발정을 확인하는데 있어서는 시간 단위의 승가행동 발생빈도보다는 일 단위의 변화를 살펴보는 것이 보다 효율적인 것이며, 발정 당일 승가행동에 대해서는 향후 추가적인 연구를 통해 수정 적기를 추정할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구결과를 포함하여 여러 연구에서 제시되는 승가행동의 빈도 차이는 공시동물의 산차, 계절적인 요인 및 주변 환경조건에 따른 것일 수 있으며 특히, 대상 가축이 사육되는 축사환경과 계절적인 영향이 승가행동에 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한 발정기 한우의 승가행동은 발정 2일전부터 시작해서 발정 당일에 가장 높게 나타나는 특성이 있기 때문에 활동량보다 우선적으로 발정을 예측할 수 있는 지표로도 활용 가능할 것으로 보인다.

3.3 발성음

발성음의 빈도를 비교한 결과는 Table 5와 같다. 발성음 빈도가 발정 2일 전 34.3 ± 16.5회에서 발정 1일 전에는 16.5 ± 11.9회로 감소하였으나, 발정 당일부터 다시 증가하기 시작하였다($p=0.1052$). Schöne et al. (2007)은 소의 경우 발정기에 발성음이 증가한다고 하였

Table 4. Frequency (± SD) of the mounting behavior of the Hanwoo according to days

Date*	Frequency (no.)	p-value
-2	25.5 ± 21.0 ^{ab}	0.0031
-1	34.8 ± 20.2 ^{ab}	
0	44.8 ± 33.3 ^a	
+1	23.3 ± 14.7 ^b	
+2	16.8 ± 6.3 ^b	
+3	23.8 ± 8.7 ^b	

*-2: 2 days before the day of estrus, -1: 1 day before the day of estrus, 0: The day of estrus, +1: 1 day after the day of estrus, +2: 2 days after the day of estrus, +3: 3 days after the day of estrus

^{ab}Means in columns with different superscripts differ significantly ($p<0.01$)

Table 5. Frequency (\pm SD) of the vocalization of the Hanwoo according to days

Date*	Frequency (no.)	p-value
-2	34.3 \pm 16.5	0.1052
-1	16.5 \pm 11.9	
0	33.3 \pm 23.6	
+1	28.0 \pm 8.9	
+2	37.5 \pm 4.4	
+3	37.8 \pm 8.8	

*-2: 2 days before the day of estrus, -1: 1 day before the day of estrus, 0: The day of estrus, +1: 1 day after the day of estrus, +2: 2 days after the day of estrus
+3: 3 days after the day of estrus

으며[25], Dreschel (2014)은 발정기 발성음은 발정 사이클의 상태에 영향을 받으며 발정기에 가장 많이 나타나다가 발정 전, 후는 상대적으로 적게 나타난다고 보고 하였다[26]. 하지만 본 연구의 결과에서는 유의적인 차이가 없었다($p>0.05$).

한우의 발성음 빈도를 일일 시간단위로 분석한 결과 (Fig. 2c), 하루 중 07:00~09:00, 그리고 14:00~16:00에 발성음의 출현빈도가 높게 나타났다($p<0.0001$). 이는 사양관리와 깊은 관계가 있는 것으로 판단되며, 발정기 발성음의 빈도가 증가한 것이 아니라 사료급여 전 발성음의 빈도가 증가한 것이라 생각된다.

가축의 발성음은 많은 정보들을 포함하고 있으며 대상 가축의 감정의 상태를 판별하는데 유용할 뿐만 아니라 [27], 이를 이용하여 개체를 구분할 수도 있다[28]. 또한 음성학적으로 발정기 발성음의 특성이 구명된 바가 있기 때문에[29] 발정기에 발성음 증가와 음성학적 분석을 이용한다면 발정을 확인하는 것은 가능할 수 있지만, 발성음의 빈도만을 이용하여 발정을 확정하기에는 어려움이 있을 것으로 판단된다.

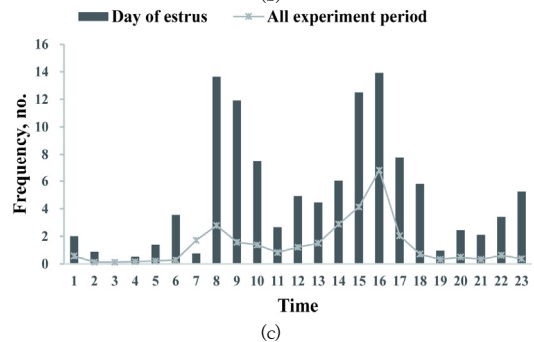
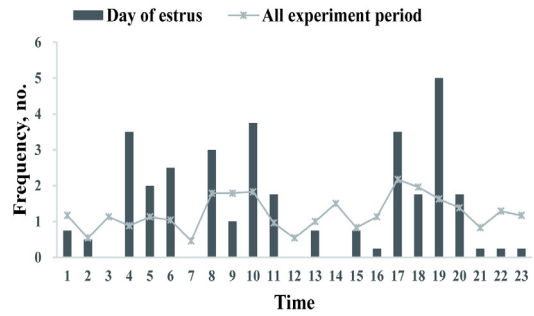
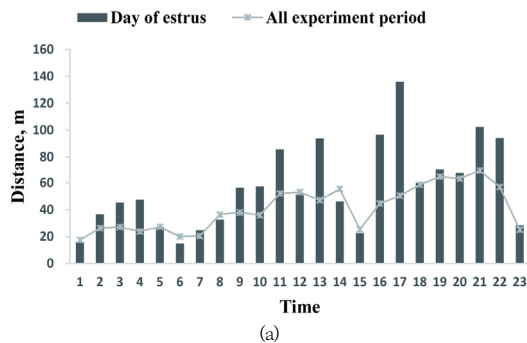


Fig. 2. Estrus behavior of the Hanwoo over 24h during the day of estrus (0) and all experimental period (from -2 to 3+).
(a) Physical activity (b) Mounting behavior (c) Vocalization

4. 결론

발정이 확인된 날을 포함하여 발정 2일 전부터 발정 후 3일까지 총 6일간 한우의 이동거리, 승가행동 및 발성음을 비교 분석한 결과, 이동거리의 경우 발정 당일부터 증가하기 시작하였으나 승가행동은 발정 2일 전부터 증가하기 시작하여 발정 당일에 가장 높게 나타났다. 따라서 승가행동은 활동량보다 우선적으로 발정을 예측할 수 있는 지표로 활용 가능할 것으로 보인다. 뿐만 아니라 이 두 가지 지표를 함께 활용한다면 한우의 발정탐지율을 향상시키는데 도움이 될 것으로 판단된다. 반면, 발성음의 경우 빈도만을 이용하여 발정을 확정하기에는 어려움이 있을 것으로 보인다. 발성음은 가축의 감정 상태를 판별하는데 매우 유용하다. 따라서 향후에는 음성학적 분석을 이용하여 발정을 확인할 수 있는 방법 등에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

- [1] C. A. Kiddy, "Variation in physical activity as an indication of estrus in dairy cows", *Journal of Dairy Science*, Vol.6, pp.235-243, 1977.
DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(77\)83859-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(77)83859-9)
- [2] P. Gordon, "Oestrus detection in dairy cattle", *In Practice*, Vol.33, pp.542-546, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1136/inp.d7479>
- [3] G. Sveberg, A. O. Refsdal, H. W. Erhard, E. Kommissrud, M. Aldrin, I. F. Tvette, F. Buckley, A. Waldmann, E. Ropstad, "Behavior of lactating Holstein-Friesian cows during spontaneous cycles of estrus", *Journal of Dairy Science*, Vol.94, pp.1289-1301, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3570>
- [4] D. M. Tsai, C. Y. Huang, "A motion and image analysis method for automatic detection of estrus and mating behavior in cattle", *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol.104, pp.25-31, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.03.003>
- [5] A. Holman, J. Thompson, J. E. Routly, J. Cameron, D. N. Jones, D. Grove-White, R. F. Smith, H. Dobson, "Comparison of oestrus detection methods in dairy cattle", *Veterinary Record*, pp.1-6, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.d2344>
- [6] R. Firk, E. Stamer, W. Junge, J. Krieter, "Automation of oestrus detection in dairy cows: a review", *Livestock Production Science*, Vol.75, pp. 219-32, 2002.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00323-2](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00323-2)
- [7] A. R. Lehrer, G. S. Lewis, E. Aizinbud, "Oestrus detection in cattle: recent developments", *Animal Reproduction Science*, Vol.28, pp.355-61, 1992.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(92\)90121-S](https://doi.org/10.1016/0378-4320(92)90121-S)
- [8] J. B. Roelofs, F. J. van Eerdenburg, N. M. Soede, B. Kemp, "Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle", *Theriogenology*, Vol.64, No.8, pp.1690-1703, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.04.004>
- [9] H. M. Zebari, S. M. Rutter, E. C. Bleach, "Characterizing changes in activity and feeding behaviour of lactating dairy cows during behavioural and silent oestrus", *Applied Animal Behaviour Science*, Vol.206, pp.12-17, 2018.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2018.06.002>
- [10] B. F. Silper, I. Robles, A. M. L. Madureira, T. A. Burnett, M. M. Reis, A. M. de Passillé, R. L. A. Cerri, "Automated and visual measurements of estrous behavior and their sources of variation in Holstein heifers. I: Walking activity and behavior frequency", *Theriogenology*, Vol.84, No.2, pp.312-320, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.12.029>
- [11] K. Maatje, S. H. Loeffler, B. Engel, "Predicting optimal time of insemination in cows that show visual signs of estrus by estimating onset of estrus with pedometers", *Journal of Dairy Science*, Vol.80, pp.1098-105, 1997.
DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76035-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76035-1)
- [12] S. P. M. Aungier, J. F. Roche, M. Sheehy, M. A. Crowe, "Effects of management and health on the use of activity monitoring for estrus detection in dairy cows", *Journal of Dairy Science*, Vol.95, pp. 2452-2466, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4653>
- [13] S. Reith, H. Brandt, S. Hoy, "Simultaneous analysis of activity and rumination time, based on collar-mounted sensor technology, of dairy cows over the peri-estrus period", *Livest. Sci.* Vol.170, pp.219-227, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.10.013>
- [14] S. L. Walker, R. F. Smith, J. E. Routly, D. N. Jones, M. J. Morris, H. Dobson, "Lameness, activity time-budgets, and estrus expression in dairy cattle", *Journal of Dairy Science*, Vol.91, pp.4552-4559, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1048>
- [15] C. Yoshida, T. Nakao, "Some characteristics of primry and secondary oestrus signs in high-producing dairy cows", *Reproduction in Domestic Animal*, Vol. 40, pp.150-155, 2005.
- [16] G. Sveberg, A. O. Refsdal, H. W. Erhard, E. Kommissrud, M. Aldrin, I. F. Tvette, F. Buckley, A. Waldmann, E. Ropstad, "Sexual active groups in cattle—a novel estrus sign", *Journal of Dairy Science*, Vol.995, pp.7115-7127, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6407>
- [17] F. J. C. M. Van Eerdenburg, D. Karthaus, M. A. M. Taverne, I. Merics, O. Szenci, "The relationship between estrous behavioral score and time of ovulation in dairy cattle", *Journal of Dairy Science*, Vol.85, pp.1150-1156, 2002.
DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74177-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74177-5)
- [18] W. L. Walker, R. L. Nebel, M. L. McGilliard, "Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle", *Journal of Dairy Science*, Vol.79, pp.1555-61, 1996.
DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76517-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76517-7)
- [19] S. M. Piggott, D. R. Fitkin, A. J. Steffen, L. Timms, "Evaluation of accuracy and characterization of estrus activity as monitored by an electronic pressure sensing system for estrus detection in dairy cows and heifers", *Journal of Animal Science*, Vol.74(Suppl. 1), pp.70(Abstr.), 1996.
- [20] E. E. At-Taras, S. L. Spahr, "Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag", *Journal of Dairy Science*, Vol.84, No.4, pp.792-798, 2001.
DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74535-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74535-3)
- [21] M. G. Diskin, J. M. Sreenan, "Expression and detection of oestrus in cattle", *Reproduction Nutrition Development*, Vol.40, pp.481-491, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1051/rnd:2000112>

- [22] L. Badinga, W. W. Thatcher, T. Diaz, M. Drost, D. Wolfenson, "Effect of environmental heat stress on follicular development and steroidogenesis in lactating Holstein cows", *Theriogenology*, Vol.39, No.4, pp. 797-810, 1993.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(96\)01638-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(96)01638-7)
- [23] D. Wolfenson, B. J. Lew, W. W. Thatcher, Y. Graber, R. Meidan, "Seasonal and acute heat stress effects on steroid production by dominant follicles in cows", *Animal Reproduction Science*, Vol.47, No.1-2, pp.9-19, 1997.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(96\)01638-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(96)01638-7)
- [24] A. Orihuela, "Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review", *Applied Animal Behavior Science*, Vol.70, No.1, pp.1-16, 2000.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00139-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00139-8)
- [25] P. C. Schön, K. Hämel, B. Puppe, A. Tuchscherer, W. Kanita, G. Manteuffel, "Altered vocalization in rate during the estrus cycle in dairy cattle", *Journal of Dairy Science*, Vol.90, pp.202-206, 2007.
DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72621-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72621-8)
- [26] S. Dreschel, *Untersuchungen zur zyklusabhängigen vokalisation und charakterisierung von verhaltensparametern im periöstrischen zeitraum von jungrindern*, Ph.D dissertation, University of Rostock, Germany, 2014.
- [27] S. Yin, B. McCowan, "Barking in domestic dogs: context specificity and individual identification", *Animal Behavior*, Vol.68, pp.343-355, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2003.07.016>
- [28] C. H. Barfield, Z. Tang-Martinez, J. M. Trainer, "Domestic calves (*Bos taurus*) recognize their own mothers by auditory cues", *Ethology*, Vol.97, pp.257-264, 1994.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1994.tb01045.x>
- [29] S. C. Yeon, J. H. Jeon, K. A. Houpt, H. H. Chang, H. C. Lee, H. J. Lee, "Acoustic features of vocalizations of Korean native cows (*Bos taurus coreana*) in two different conditions", *Applied Animal Behavior Science*, Vol.101, pp.1-9, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.01.013>

천 시 내(Si Nae Cheon)

[정회원]



- 2015년 2월 : 경상대학교 대학원 동물자원학과 (농학석사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 경상대학교 대학원 동물자원학과 박사과정

<관심분야>

동물복지, 동물행동, 동물발성음

유 금 주(Geum Zoo Yoo)

[준회원]



- 2020년 3월 ~ 현재: 전북대학교 대학원 축산학과 석사과정

<관심분야>

동물복지, 동물행동

김 찬 호(Chan Ho Kim)

[정회원]



- 2005년 2월 : 중앙대학교 동물자원학과 (학사)
- 2008년 2월 : 중앙대학교 동물자원학과 (석사)
- 2013년 2월 : 중앙대학교 동물자원학과 (박사)

- 2014년 1월 ~ 2020년 6월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후연구원
- 2020년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물영양, 가축영양, 동물복지

정 지 연(Ji Yeon Jung)

[정회원]



- 2020년 2월 : 한양대학교 식품영양학과 (석사)
- 2020년 6월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원

<관심분야>

영양유전체학, 생리활성평가

김 동 훈(Dong Hun Kim)

[정회원]



- 1994년 2월 : 건국대학교 축산학과 (석사)
- 2000년 8월 : 건국대학교 축산학과 (박사)
- 2002년 9월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원

<관심분야>

동물생명공학, 동물복지

전 중 환(Jung Hwan Jeon)

[정회원]



- 2003년 2월 : 경상대학교 응용생명과학부 (이학석사)
- 2006년 2월 : 경상대학교 응용생명과학부 (이학박사)
- 2006년 6월 ~ 2007년 7월 : University of British Columbia (연구원)
- 2007년 12월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업 연구사

<관심분야>

동물복지, 동물행동, 동물발성음