

젖소 발정탐지 고도화를 위한 활동량, 반추시간 생체정보 모니터링

전은정, 이지환, 김두산, 손준규, 김동현, 정다진솔, 기광석, 한만희, 황성수*
농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과

Monitoring of Biometric Information such as Activity and Rumination Time for Advancement of Estrus Detection in Dairy Cows

Eunjeong Jeon, Jihwan Lee, Doo-San Kim, Jun-Kyu Son, Dong-Hyeon Kim,
Da Jin Sol Jung, Kwang-Seok Ki, Manhye Han, Seongsoo Hwang*
Dairy Science Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration,
Cheonan 31000, Korea

요약 최근 IoT (Internet-of-Things) 기술의 발달로 다양한 생체정보 측정 기기들이 개발되어 축산 현장에서 발정발현 확인용으로 활용되고 있다. 하지만, 발정발현의 정확도가 기기마다 차이가 있고, 가축에서의 표현형과의 차이 등으로 인해 실제 번식효율 개선 등의 효과는 제한적인 실정이다. 본 연구는 생체정보 장치 유래 데이터를 기반으로 젖소의 발정주기 진행에 따른 활동량(Activity, AT)과 반추시간(Rumination time, RT)의 변화를 조사하기 위해 수행되었다. 젖소의 AT와 RT는 목걸이형 센서를 활용하여 개체별로 발정 전후 3일 동안 지속적으로 모니터링하였다. 본 연구에서는 발정 전 3일(d -3)과 발정 후 3일(d +3)의 평균값을 기준일(Reference period, RP)로 정의하였다. 생체정보 데이터는 젖소 총 62두 (홀스타인종 57두, 저지종 5두)로부터 1일 2시간 간격으로 수집되었으며, 최종적으로 7,500개의 데이터가 분석에 활용되었다. 연구 결과, AT와 RT는 젖소의 품종에 관계없이 발정주기에 유의적인 영향을 받았으며, 발정일 전후 2일 동안 서로 대비되는 특징을 보였다. AT는 다른 날에 비해 발정일 당일에 유의적으로 가장 높았으나($p < 0.0001$), RT의 경우 다른 날에 비해 발정일 당일에 유의적으로 가장 낮은 것으로 나타났다($p < 0.0001$). RT는 발정일 전 2일부터 발정일까지 감소하다가 발정일 이후에 다시 증가하는 경향으로 나타났다. 이러한 결과는 AT 및 RT와 같은 요인들을 복합적으로 고려하는 것이 젖소 발정 조기탐지에 대한 더 나은 정확도를 제공할 수 있다는 점을 제시한다.

Abstract Recently, with the development of the IoT (Internet-of-Things) technology, various biometric information devices have been developed and used to detect estrus in the field. However, their effect on improving reproductive efficiency is limited due to the difference in the accuracy of estrus detection between devices and phenotypes in cows. The present study was conducted to investigate changes in activity (AT) and rumination time (RT) during the peri-estrus periods based on data from biometric devices. A sensor attached to the neck (HR-TAG, SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel) was used to continuously monitor AT and RT for three days before and after the estrus for each individual cow. The reference period (RP) was defined as the mean of 3 d prior and 3 d post the day of estrus. Biometric data from a total of 62 dairy cows (57 Holstein cows; 5 Jersey cows) were collected at 2-h intervals per day, and 7,500 data points were finally used. Both AT and RT were significantly influenced by estrus, regardless of the breed of the cow. Our results showed contrasting patterns of association between AT and RT for two days before and after the estrus. The AT was significantly higher on the day of estrus compared with the other days around estrus ($p < 0.0001$). The RT decreased from minus 3 days to the estrus day, but it increased after the estrus day. The RT was significantly lower on estrus day when compared to other days ($p < 0.0001$). These results suggest that a comprehensive consideration of factors such as AT and RT would lead to better accuracy in the early detection of estrus in dairy cows.

Keywords : Activity, Biometric Information, Estrus Detection, Rumination Time, Wearable sensor

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01620001-고품질 고생산형 저지종 축근조성 고도화 기술 개발)과 2022년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정(전은정) 지원사업에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Seongsoo Hwang(National Institute of Animal Science)
email: hwangss@korea.kr

Received July 6, 2022

Revised August 19, 2022

Accepted September 2, 2022

Published September 30, 2022

1. 서론

젖소와 같은 대가축의 효율적인 번식관리는 농가 소득과 직결되는 가장 중요한 요소들 중의 하나이다. 이에 따라, 축산농가에서는 소 공태기간 단축을 위한 노력의 일환으로 발정의 조기 발견에 많은 관심을 기울여왔다. 소의 발정은 약 12 ~ 18시간 정도 지속되는 것으로 알려져 있으며[1], 활동량 증가, 외음부 냄새 맡기, 턱비빔, 승가 및 승가허용 행위 등의 발정행동이 나타난다고 보고되고 있다[2]. 일반적으로 발정은 발정행동의 육안 관찰 또는 발색제나 크레용 같은 승가허용 관찰 보조기 등을 통해 발견할 수 있다[3,4].

통계청에 따르면 국내 젖소 사육농가의 호당 사육두수는 2005년 53.7두에서 2020년 67.1두로 증가하였다고 보고하였는데 이는 20마리 미만의 소규모 낙농가는 연평균 7.5%씩 감소한 반면 100마리 이상의 대규모 낙농가는 연평균 8.3%씩 증가하는 추세 때문으로 분석되었다. 또한 전체 농가 대비 60대 이상 낙농업 종사자의 비율은 2011년 16.6%에서 2019년 56.7%로 증가하였다고 조사된 바 있다[5].

젖소는 특성상 분만 후 발정재귀 기간이 우유 최대 생산 기간과 겹쳐 에너지 불균형으로 인한 번식생리 지연이 발생한다. 또한 미약 발정과 발정 지속 시간 단축(10시간 이하)[6,7], 야간 및 새벽 시간대의 발정 관찰 애로[8] 등 기존의 관행적인 육안 발정 관찰로는 발정의 조기 발견에 한계가 있다고 하겠다. 결국 발정 관찰의 실패는 비임신 기간의 증가를 야기하기 때문에 사료비 증가, 산유량 및 송아지 생산량 감소 등을 초래하여 결과적으로 낙농가의 소득감소를 유발시킨다[9].

이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 발정의 조기 탐지를 위한 다양한 생체정보 측정 기기들이 개발되어 현장에서 활용되고 있다. 생체정보 모니터링 장치는 활동량, 반추시간, 체온, 반추위 온도 및 pH 등 각각의 요소들을 측정하여 발정 알림을 비롯한 종합적인 건강관리를 제공하고 있다[10,11]. 국내의 경우 약 9.1%의 낙농가가 생체정보 수집기를 보유하고 있는 것으로 알려져 있다[12].

하지만 개체별 생체정보장치의 도입에도 불구하고 여전히 젖소의 공태기간이 줄어들지 않아 좀 더 정밀하고 정확한 발정 탐지 기술개발이 필요한 실정이다. 생체정보장치에서 수집되고 있는 다양한 요인들을 복합적으로 고려하는 것은 발정 탐지 고도화에 도움을 줄 수 있는 것이다. 따라서 본 연구는 생체정보장치 유래 데이터를 활용

하여 젖소의 발정 진행에 따른 활동량 및 반추시간의 변화를 조사하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시축 및 사양관리

본 연구는 충청남도 천안시 소재의 국립축산과학원 착유우사에서 2021년 1월부터 2022년 4월까지 실시하였다. 젖소 홀스타인종 57두와 저지종 5두를 공시하였으며, 초산차(primiparous)는 25두, 다산차(multiparous)는 32두에 해당하였다. 공시축의 비유일수는 시험 시작일을 기준으로 평균 168.20일이었으며, 두당 평균 유량은 34.05kg/d이었다. 공시축에게는 매일 오전 10시에 TMR사료를 공급하였고, TMR사료와 물은 자유 채식하였으며, 배합사료는 두당 6.4kg을 제한급여하였다.

2.2 활동량 및 반추시간 데이터 수집

젖소의 활동량, 반추시간 데이터는 생체정보 기기인 목걸이형 태그(HR-TAG, SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel)를 통해 발정일 전후 3일 동안 1일 2시간 간격으로 수집되었다. 해당 기기는 목에 부착된 데이터 이력 기록 장치(logger)를 통해 활동량과 반추시간을 측정하여 발정알림을 제공한다[13]. 본 연구에서는 발정 전 3일(d -3)과 발정 후 3일(d +3)을 기준일(Reference period, RP)로 정의하고, 해당 평균값을 발정 전후 2일 동안의 각 결과 값과 함께 비교하였다[14]. 수집된 개체별 생체정보 데이터는 병합 및 중복 검토 과정을 수행하였으며, 발정 알림 개체 중 거짓 발정인 경우를 제외한 후 최종적으로 7,500개의 생체정보 데이터가 분석에 활용되었다. 본 연구에서 수집한 일일 활동량과 반추시간 데이터의 기술통계량은 Table 1과 같다.

Table 1. Descriptive statistics of the raw data of AT and RT in dairy cows

Items	N	Mean	Median	Min	Max
AT, u/2h	7,500	44.38	39.00	7.00	199.00
RT, min/d	7,500	456.60	455.00	198.00	705.00

AT, Activity; RT, Rumination Time

2.3 통계분석

본 연구에서 얻어진 결과는 R program을 이용하여

분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 사후분석은 Duncan 을 이용하였다[15]. 자료 정리, 도식화 등은 tidyverse, ggplot2 등의 R package를 활용하였다.

3. 결과 및 고찰

젖소의 발정일 전후 2일에 따른 일일 평균 활동량 및 반추시간의 결과는 Table 2와 같다. 연구 결과, 활동량과 반추시간은 젖소 품종에 관계없이 발정에 유의적인 영향을 받는 것으로 나타났다. 젖소의 일일 평균 활동량은 RP에서 41.85, -2일에서 42.06, -1일에서 47.64 u/2h로 나타났다. 발정일 당일의 평균 활동량은 51.93이었으며, 발정 후 평균 활동량은 1일에서 43.81, 2일에서 41.37 u/2h로 나타났다. 이에 따라, 평균 활동량은 다른 날에 비해 발정일 당일(d 0)에 유의적으로 가장 높았으며($p<0.0001$), 그 다음으로는 -1, 1일 순으로 활동량이 증가하였다. 반면, 평균 반추시간은 다른 날에 비해 발정일 당일(d 0)에서 유의적으로 가장 낮았다($p<0.0001$). 일일 평균 반추시간은 RP에서 465.06, -2일에서 462.35, -1일에서 450.55 min/d로 나타났다. 발정일 당일의 평균 반추시간은 442.19이었으며, 발정 후 평균 반추시간은 1일에서 450.83, 2일에서 460.68min/d로 나타났다. 비유 중인 고능력우의 일일 반추시간은 약 340 ~ 540분으로 보고된 바 있으며[16-18], 본 연구에서 조사한 일일 평균 반추시간 또한 해당 범위 내에 포함되었다.

발정 진행에 따른 활동량과 반추시간의 변화를 알아보기 위해 RP와 발정일 전후 2일을 그룹별로 나누어 일일 2시간 간격으로 살펴본 결과는 Fig. 1, 2와 같다. 평균 활동량은 RP에 비해 발정 전 1일(d -1)과 발정 당일(d 0)에서 증가하였다(Fig. 1A). 젖소는 발정 시 증가행동, 증가허용 행동, 머리를 다른 소에게 얹는 행동, 갑자기 도망가는 행동 등을 하기 때문에[19-21] 젖소의 보행수는 기존 보다 약 2.3 ~ 4배 이상 증가한다[22-24]. 일일

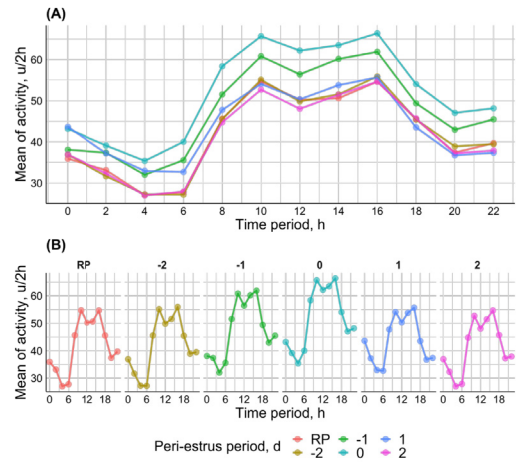


Fig. 1. The change in activity (AT) during the peri-estrus periods. RP, reference period.

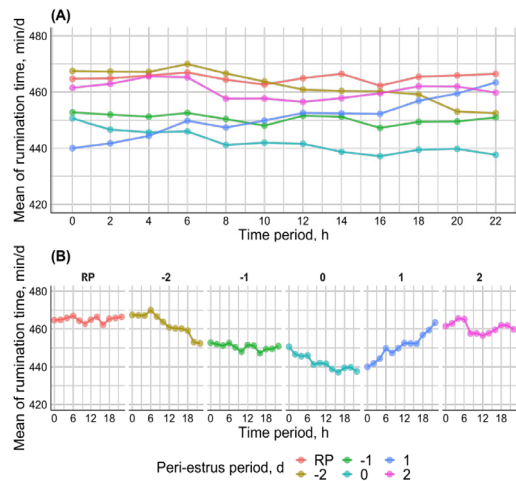


Fig. 2. The change in rumination time (RT) during the peri-estrus periods. RP, reference period.

시간대별 평균 활동량은 발정 유무에 관계없이 유사한 패턴이 나타났다(Fig. 1B). 하루 중 활동량이 가장 적은 시간은 4 ~ 6시로 나타났으며, 6 ~ 10시의 경우 활동량

Table 2. Mean daily values and standard error of AT and RT during the peri-estrus periods

Items	Peri-estrus period					
	RP	-2	-1	0	1	2
AT, u/2h	41.85 ^d ±0.38	42.06 ^d ±0.56	47.64 ^b ±0.81	51.93 ^a ±0.93	43.81 ^c ±0.66	41.37 ^d ±0.52
RT, min/d	465.06 ^a ±1.50	462.35 ^a ±1.87	450.55 ^b ±1.62	442.19 ^c ±1.88	450.83 ^b ±2.08	460.68 ^a ±1.95

AT, activity; RT, rumination time; RP, reference period.

^{a-d} Means within a row with different superscripts differ ($p<0.0001$).

이 급격하게 증가하였다. 이는 주로 낮 시간대에 젖소가 사료 섭취와 착유에 시간을 보내기 때문인 것으로 사료된다[25,26]. 특히, 발정 전 1일(d -1)의 18시부터 발정 당일(d 0) 12시까지의 활동량은 RP 보다 그 평균값이 높은 것으로 나타났다. 젖소의 발정은 주로 야간에 발생하며, 발생률의 경우 18 ~ 24시 사이에 15, 0 ~ 6시 사이에 40, 6 ~ 12시 사이에 23%라고 보고되고 있다[1]. 또한, 발정 기간 동안 활동량이 증가하는 것은 에스트로겐 (estradiol-17 β)이 원인으로 작용하기 때문인 것으로 알려져 있다[27,28].

평균 반추시간은 발정일 전 2일(d -2)부터 발정일(d 0)까지 감소하여 발정일 당일에 가장 낮게 나타났다(Fig. 2A,B). 감소된 반추시간은 발정일 이후에 다시 증가하는 패턴을 보였다. 이는 젖소의 반추시간은 발정 전날(d -1)과 발정일(d 0)에 감소한다고 보고한 Pahl 등(2015)의 연구결과와도 일치한다[29]. 발정 상태에 있는 젖소는 RP에 비해 반추에 더 적은 시간을 보내는 것으로 알려져 있으며[14,30,31], 이는 사료섭취량 감소와도 관련이 있다[32,33]. 또한, Schirmann 등(2013)에 따르면 감소된 반추시간은 발정 후 2일(d +2)에 다시 회복된다고 보고된 바 있다[34].

4. 결론

본 연구는 젖소의 발정 진행에 따른 활동량 및 반추시간의 변화를 조사하기 위해 생체정보 수집기인 목걸이형 태그를 활용하여 발정을 모니터링하였다. 연구 결과, 활동량과 반추시간은 젖소 품종에 관계없이 발정에 유의적인 영향을 받았으며, 발정일 전후 2일 동안 서로 대비되는 특징을 보였다. 일일 평균 활동량은 발정일 전 2일부터 발정일 당일까지 증가하여 당일에 가장 높게 나타났다. 반면, 일일 평균 반추시간은 발정일 전 2일부터 발정일 당일까지 감소하여 당일에 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과는 활동량 및 반추시간과 같은 요인들을 복합적으로 고려하는 것이 젖소 발정 조기탐지에 대한 더 나은 정확도를 제공할 수 있다는 점을 제시한다. 또한 본 연구에서는 저지종의 두수 확보에 어려움이 있어 품종 간 세부적인 비교가 어려웠다는 점에서 한계가 있었다. 해당 연구는 디지털 축산 실현을 위한 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 판단되며, 향후 추가 데이터를 보완할 경우 발정 조기 탐지뿐만 아니라 개체 관리에도 정밀한 분석이 가능할 것으로 사료된다.

References

- [1] K. Schirmann, M. A. G. Keyserlingk, D. M. Weary, D. M. Veira, W. Heuwieser, "Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows", *Journal of Dairy Science*, vol.92, No.12, pp.6052-6055, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2361>
- [2] J. C. M. Van Eerdenburg, H. S. H. Loeffler, J. H. Van Vliet, "Detection of oestrus in dairy cows: a new approach to an old problem", *Veterinary Quarterly*, Vol.18, No.2, pp.52-54, 1996.
DOI: <https://doi.org/10.1080/01652176.1996.9694615>
- [3] 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 in two different conditions", *Applied Animal Behaviour Science*, vol.1, No.1-2, pp.1-9, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.01.013>
- [4] S. Dizier, S. C. Maillard, "Towards an automated detection of oestrus in dairy cattle", *Reproduction in Domestic Animals*, vol.47, No.6, pp.1056-1061, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2011.01971.x>
- [5] Statistics Korea. "Livestock statistics", 2020.
- [6] 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)
- [7] K. Son, S. B. Park, S. J. Park, K. S. Baek, B. S. Ahn, H. S. Kim, C. K. Park, "Relationship between Various Estrous Behavioral Signs and Ovulation Time in Dairy Cows", *Journal of Embryo Transfer*, Vol.22, No.1, pp.9-13, 2007.
- [8] S. J. Kim, S. H. Jee, H. C. Cho, C. S. Kim, H. S. Kim, "Implementation of unmanned cow estrus detection system for improving impregnation rate", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.16, No.9, pp.6236-6246, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.5762/kais.2015.16.9.6236>
- [9] S. G. Oh, D. H. Park, H. H. Chang, Y. W. Chung, "Unusual behavior detection of Korean Cows using Motion vector and SVDD in Video Surveillance System", *KIPS Transactions on Software and Data Engineering*, Vol.2, No.11, pp.795-800, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.3745/ktsde.2013.2.11.795>
- [10] D. Fisher, R. Morton, J. M. A. Dempsey, J. M. Henshall, J. R. Hill, "Evaluation of a new approach for the estimation of the time of the LH surge in dairy cows using vaginal temperature and electrodeless conductivity measurements", *Theriogenology*, Vol.70, No.7, pp.1065-1074, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.06.023>
- [11] Y. Ikeda, Y. Ishii, "Recognition of two psychological conditions of a single cow by her voice", *Computers*

- and Electronics in Agriculture*, Vol.62, No.1, pp.67-72, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.08.012>
- [12] G. Lee, S. W. Seo, "Usage Status Survey of Precision Livestock Farming Technologies on Korean Dairy Farm", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.23, No.2, pp.678-688, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.5762/kais.2022.23.2.678>
- [13] H. Park, H. C. Choi, H. J. Lee, E. T. Kim, J. K. Son, D. H. Kim, "A Study on the Effect of Temperature-Humidity Index on the Respiration Rate, Rectal Temperature and Rumination Time of Lactating Holstein Cow in Summer Season", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.20, No.11, pp.136-143, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.5762/kais.2019.20.11.136>
- [14] 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", *Livestock Science*, Vol.170, pp.219-227, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.10.013>
- [15] C. Team, "R: A language and environment for statistical computing (4.0.3)", R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021.
<https://www.R-project.org>
- [16] A. Beauchemin, W. Z. Yang, "Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage", *Journal of Dairy Science*, Vol.88, No.6, pp.2117-2129, 2005.
DOI: [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72888-5](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72888-5)
- [17] J. Kononoff, A. J. Heinrichs, D. A. Buckmaster, "Modification of the Penn State forage and TMR separator and the effects of moisture content on its measurements", *Journal of Dairy Science*, Vol.86, No.5, pp.1858-1863, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73773-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73773-4)
- [18] Z. Yang, K. A. Beauchemin, "Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage", *Journal of Dairy Science*, Vol.89, No.1, pp.217-228, 2006.
DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72086-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72086-0)
- [19] R. Firk, E. Stamer, W. Junge, J. Krieter, "Improving oestrus detection by combination of activity measurements with information about previous oestrus cases", *Livestock Production Science*, Vol.82, No.1, pp.97-103, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00306-8](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00306-8)
- [20] S. Kerbrat, C. Disenhaus, "A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows", *Applied Animal Behaviour Science*, Vol.87, No.3-4, pp.223-238, 2004.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(03\)00302-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(03)00302-2)
- [21] V. Rottgen, F. Becker, A. Tuchscherer, C. Wrenzycki, S. Dupjan, P. C. Schon, B. Puppe, "Vocalization as an indicator of estrus climax in Holstein heifers during natural estrus and super ovulation", *Journal of Dairy Science*, Vol.101, No.3, pp. 2383-2394, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13412>
- [22] A. Kiddy, "Variation in Physical Activity as an Indication of Estrus in Dairy Cows", *Journal of Dairy Science*, Vol.60, No.2, 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)
- [23] A. Schofield, C. J. C. Phillips, A. R. Owens, "Variation in the milk production, activity rate and electrical impedance of cervical mucus over the oestrous period of dairy cows", *Animal Reproduction Science*, Vol.24, No.3-4, pp.231-248, 1991.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(05\)80007-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(05)80007-7)
- [24] R. Arney, S. E. Kitwood, C. J. C. Phillips, "The increase in activity during oestrus in dairy cows", *Applied Animal Behaviour Science*, Vol.40, No.3-4, pp.211-218, 1994.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(94\)90062-0](https://doi.org/10.1016/0168-1591(94)90062-0)
- [25] 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>
- [26] P. Løvendahl, M. G. G. Chagunda, "On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows", *Journal of Dairy Science*, Vol.93, No.1, pp.249-259, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1721>
- [27] H. Lopez, L. D. Satter, M. C. Wiltbank, "Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows", *Animal reproduction science*, Vol.81, No.3-4, pp.209-223, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.10.009>
- [28] Z. C. Lyimo, M. Nielsen, W. Ouweltjes, T. A. Kruij, F. J. C. M. Van Eerdenburg, "Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle", *Theriogenology*, Vol.53, No.9, pp.1783-1795, 2000.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00314-9](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00314-9)
- [29] C. Pahl, E. Hartung, K. M. Nerge, A. Haeussermann, "Feeding characteristics and rumination time of dairy cows around estrus", *Journal of Dairy Science*, Vol.98, No.1, pp.148-154, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8025>
- [30] S. Reith, I. Fengels, S. Hoy, "Investigations on heat detection in dairy cows by automatically measured rumination", *Züchtungskunde*, Vol.84, No.4, pp.281-292, 2012.
- [31] S. Reith, S. Hoy, "Relationship between daily rumination time and estrus of dairy cows", *Journal of Dairy Science*, Vol.95, No.11, pp.6416-6420, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5316>
- [32] R. Adin, M. Solomon, A. Nikbachat, E. Zenou, A. Yosef, A. Brosh, S. J. Shabtay, Mabeesh, J. Halachmi,

Miron, "Effect of feeding cows in early lactation with diets differing in roughage-neutral detergent fiber content on intake behavior, rumination, and milk production", *Journal of Dairy Science*, Vol.92, No.7, pp.3364-3373, 2009.

DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2078>

- [33] S. Reith, M. Pries, C. Verh?lsonk, H. Brandt, S. Hoy, "Influence of estrus on dry matter intake, water intake and BW of dairy cows", *Animal*, Vol.8, No.5, pp.748-753, 2014.

DOI: <https://doi.org/10.1017/s1751731114000494>

- [34] K. Schirmann, N. Chapinal, D. M. Weary, L. Vickers, M. A. G. Von Keyserlingk, "Rumination and feeding behavior before and after calving in dairy cows", *Journal of dairy science*, Vol.96, No.11, pp.7088-7092, 2013.

DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7023>

김 두 산(Doo-San Kim)

[준회원]



- 2020년 2월 : 강원대학교 동물생명공학전공 (농학사)
- 2022년 2월 : 강원대학교 동물생명공학전공 (농학석사)
- 2022년 3월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과 산학연과정

<관심분야>

가축번식생리

전 은 정(Eunjeong Jeon)

[정회원]



- 2019년 2월 : 전북대학교 축산학과 (농학석사)
- 2022년 2월 : 전북대학교 축산학과 (농학박사)
- 2022년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과 전문연구원

<관심분야>

정밀축산, 빅데이터, 가축생체정보

손 준 규(Jun-Kyu Son)

[정회원]



- 2004년 2월 : 강원대학교 축산학과 (이학석사)
- 2008년 2월 : 강원대학교 축산학과 (농학박사)
- 2009년 1월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후연구원
- 2009년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연수사

<관심분야>

가축번식생리

이 지 환(Jihwan Lee)

[정회원]



- 2015년 2월 : 충남대학교 동물바이오시스템학과 (농학사)
- 2018년 8월 : 충남대학교 낙농식품 및 생명과학전공 (농학석사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 낙농식품 및 생명과학전공 (박사과정)

- 2017년 10월 ~ 현재 : 농촌진흥청국립축산과학원 농업연수사

<관심분야>

대동물 산과학, 유전체학

김 동 현(Dong-Hyeon Kim)

[정회원]



- 2013년 2월 : 경상대학교 응용생명과학전공 (이학석사)
- 2014년 12월 ~ 2016년 2월: University of Florida 방문연구원
- 2016년 2월 : 경상대학교 응용생명과학전공 (이학박사)
- 2019년 2월 : University of Florida 박사후연구원

- 2019년 2월 ~ 2021년 12월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과 박사후연구원

- 2022년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과 농업연수사

<관심분야>

반추동물영양, 조사료

정 다 진 솔(Da Jin Sol Jung)

[정회원]



- 2021년 8월 : 서울대학교 농생명 공학전공 (농학박사)
- 2022년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과 전문연구원

〈관심분야〉
반추영양생리

황 성 수(Seongsoo Hwang)

[정회원]



- 1996년 2월 : 중앙대학교 축산학과 (농학석사)
- 2002년 2월 : 중앙대학교 축산학과 (농학박사)
- 2006년 8월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구관

〈관심분야〉
가축번식, 생명공학

기 광 석(Kwang-Seok Ki)

[정회원]



- 2003년 2월 : 충남대학교 낙농학 전공 (농학박사)
- 2006년 8월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과 농업연구관

〈관심분야〉
반추영양생리

한 만 희(Manhye Han)

[정회원]



- 2001년 8월 : 충남대학교 축산학과 (농학박사)
- 2014년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구관
- 2020년 10월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과장

〈관심분야〉
가축번식생리