

생체정보 측정장치를 활용한 젖소 발정탐지의 정확도 검증

양가영, 우샘이, 권경석, 최희철, 진중환, 이준엽*
농촌진흥청 국립축산과학원

Verification of accuracy detection of the cows estrus using biometric information measuring device

Ka-Young Yang, Sae-Mee Woo, Kyeong-Seok Kwon, Hee-Chul Choi,
Jung-Hwan Jeon, Jun-Yeob Lee*

National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

요 약 젖소농가에서 착유생산성에 영향을 미치는 번식관리는 매우 중요한 요소이다. 젖소에서 번식관리는 발정의 조기 발견이 중요하며, 보다 정확하고 신속한 젖소의 발정시기에 대한 신뢰할 수 있는 자동 모니터링이 농가에는 필요한 실정이다. 본 연구에서는 젖소의 발정유무, 활동량변화, 반추위 운동량, 반추위 온도 및 pH 등을 측정하는 기기를 활용하여 발정에 대한 정확도를 측정하였다. 연구에 사용된 생체정보기기 S1(Smaxtec, Austria)는 반추위 내 삽입형타입으로 반추위의 온도, pH, 젖소의 활동량 및 음수횟수 추정 등을 이용하여 발정 유무의 알림을 제공하고, S2(Healthy Cow 24, SCR. Allflex. Israel)는 목걸이 타입으로 반추위 운동량, 젖소의 활동량으로 발정의 유무를 알려준다. 기기에서 수집되는 데이터는 1일 2시간 간격으로 획득하였고, 각각의 기준일(Reference day: RD ; -7~-3, +7~+3)은 수정일(-2, -1, 0, +1, +2)이 5일과 수정 전 7일에서 수정 후 7일에 대한 평균값을 기준으로 비교하였다. 본 논문에서 사용된 S1 기기의 활동성은 기준일(RD : 10.2±1.0/day)에 비해 수정일(-1 : 12.5±1.03/day ; 0 : 12.9±1.73/day)에서 증가 하는 것으로 나타났다. S2 기기의 활동성 또한 기준일 (RD : 40.3±2.68)에 비해 수정일(0 : 63.0±3.66)에서 증가 하는 것으로 분석되었다. S1의 일일 음수횟수는 기준일(RD : 5.9±0.89/day)에서 수정일 전까지는 (-2 : 5.6±0.98 ; -1 : 5.7±0.96)으로 감소하는 것으로 나타났으나, 수정일(0 : 6.3±0.86 ; +2 : 6.0±0.73)에는 기준일과 같은 횟수를 보였다. S2의 일일 반추횟수는 기준일(RD : 493.8±10.92) 보다 수정일(-1 : 390.2±13.36; 0 : 354.1±16.71)에 감소하는 것으로 나타났다.

Abstract Breeding control in a farm is a very important factor affecting milk productivity. Breeding management is important for the early detection of estrus, and reliable, automatic, more accurate, and faster monitoring of the timing of dairy cows is essential for farmers. This study measured the accuracy of estrus using the estrus indications, changes in activities, rumination activities, ruminal temperature, and pH. The biomedical information device S1 used in this study provided an estrus notice using the rumen temperature, pH, cow activities, and number of drinking estimations, which were inserted in the rumen through the oral route. The S2 device was used in the estrus notice for the rumen activities and cow activities. The data collected on the instrument were collected at intervals of 2 hours per day at the reference days (RD: -7 ~ -3, +7 ~ +3) +2, 7 days before insemination, and 7 days after insemination. The activities of the S1 device used in this paper increased with increasing number of insemination days (-1: 12.5 ± 1.03 / day; 0: 12.9 ± 1.73 / day) compared to the reference day (RD: 10.2 ± 1.0 / day). The activities of the S2 device was also found to increase from the reference day to the insemination day (0: 63.0 ± 3.66) compared to the reference day (RD: 40.3 ± 2.68). The number of daily drinks in S1 decreased from the reference day (RD: 5.9 ± 0.89 / day) to before the insemination day (-2: 5.6 ± 0.98; -1: 5.7 ± 0.96); +2: 6.0 ± 0.73). The number of daily drinks on the insemination day (0: 6.3 ± 0.86; +2: 6.0 ± 0.73) was similar to the reference day. The number of daily rumination in S2 decreased from the reference day (RD: 493.8 ± 10.92) to the insemination day (-1: 390.2 ± 13.36; 0: 354.1 ± 16.71).

Keywords : Biometric information, Cows estrus, Estrus detection, Insemination, Measuring device

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01205802, 과제명: 젖소 농장 ICT 적용 종합관리 모델 개발)과 2018년 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어 진 것임.

*Corresponding Author : Jun-Yeob Lee (National Institute of Animal Science)

Tel: +82-63-238-7408 email: andrewlee@korea.kr

Received April 6, 2018

Revised (1st May 10, 2018, 2nd May 31, 2018)

Accepted June 1, 2018

Published June 30, 2018

1. 서론

낙농에서 스마트팜은 환경, 착유, 사육 및 건강관리 장치 등을 이용하여 농장주가 시공간의 제약 없이 개체 별로 젖소를 관리하여 관리자의 삶의 질 향상과 젖소의 복지수준을 높일 수 있는 것을 목적으로 한다[1].

젖소를 포함한 반추 가축의 생체 모니터링은 대부분 체온의 변화를 측정하는 것이었으나, 근래 들어 젖소의 반추위 pH, 체온, 반추 시간, 반추위 온도, 행동(섭식, 휴식, 음수, 보행)을 측정하여 다분석 기능을 제공하는 생체정보 측정 장치들이 사용되고 있다[2-3]. 제조회사들마다 측정항목들이 다르기 때문에 농장주는 필요한 기능들을 선택하여 구입할 필요가 있다. 단순히 발정탐지만 할 것인지, 아니면 생체정보의 실시간 모니터링을 통해 종합적으로 젖소의 건강관리를 할 것인지 판단하여야 한다[4-5].

젖소농가에서는 착유관리가 가장 중요한데 효율적인 번식관리는 우유 생산에 즉각적인 영향을 미친다[6]. 발정의 조기 탐지는 축사 관리 및 생식기능에 있어서 매우 중요한 요소이며 탐지 실패는 개체 수 및 우유 생산량의 감소로 이어지는 만큼[7], 젖소 산업에서 큰 관심사이다[8].

번식우의 발정은 약 18시간 정도 지속이 되는데, 행동학적으로 다른 소에게 승가를 허용할 뿐만 아니라 활동량이 증가하고 자주 울부짖으며, 사료를 섭취하지 않는 특징이 있다[9]. 또한 생리학적으로 대음순이 축축하게 되고 붉어지며 음순에서 맑은 점액이 흘러나오고 안구가 약간 충혈이 되기도 한다[10]. 특히, 승가당하는 암소의 발정기 정확도는 약 65~98%에 이른다[10]. 이러한 발정기의 관측 방법은 육안관찰, 발정 관찰 보조기로 승가허용(발색제, 크레용)외에 최근 IT기술을 융합하여 행동량 및 보행수 변화, 암소의 체온 변화 및 소리 정보를 이용하여 발정 탐지하는 방법 등이 소개하고 있다[5,10].

이 중에서 육안관찰이 가장 신뢰할 수 있는 탐지 방법 중 하나이지만, 군집단위로 사육되는 젖소의 특성상 발정 탐지에 상당한 노동력이 소요되는 단점이 있다[11-12]. 이는 농가경비비와도 관련이 있으며, 발정탐지에 있어서 보다 정확하고 신속하게 젖소의 발정에 대한 실시간 자동 모니터링 기술개발이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 국내 시장에서 고가에 판매

되고 있는 외산 제품을 비교·분석하여 젖소의 활동량 변화, 반추위 운동량, 반추위 내 온도 및 pH 등을 데이터를 활용하여 발정시기에 대한 예측을 통한 정확도를 검증하고자 한다.

2. 실험방법

본 연구는 2017년 6월17일부터 2017년 10월 31까지 경기도 안성시 양성면에 위치한 젖소목장에서 예비실험 15일 후 4개월간 측정하였다. 실험 대상은 1산차에서 3산차까지의 홀스타인 젖소 10마리에게 생체정보 측정장치를 부착하거나 반추위 내에 삽입하여 발생하는 데이터를 수집·분석하였다.

연구에 사용된 생체정보기기 S1 (Smactec, Austria)는 젖소의 입을 통하여 반추위 내에 삽입하는 형태로 반추위의 온도, pH, 젖소의 활동량 및 음수횟수 등을 이용하여 발정 유무의 알람을 제공하고, S2 (Healthy Cow 24, SCR, Allflex, Israel)는 목걸이 타입으로 반추위 운동량, 젖소의 활동량으로 발정의 유무를 알려준다[Fig. 1]. S1과 S2 기기에서 수집되는 데이터는 1일 2시간 간격으로 획득하였고, 각각의 기준일(Reference day: RD ; -7~-3, +7~+3)은 수정일(-2, -1, 0, +1, +2)의 5일과 수정 전 7일에서 수정 후 7일에 대한 평균값을 기준으로 비교하였다.

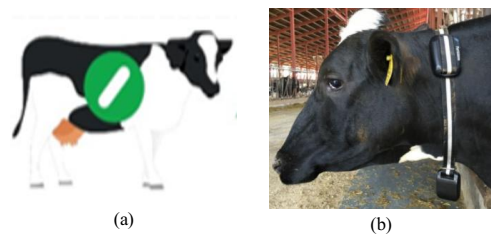


Fig. 1. Sensor based information (a) Oral administration sensor tag (b) Necklace type sensor tag

통계분석은 R 패키지 (R version 3.31, R Foundation for Statistical Computing, Tokyo, Japan)를 이용하여 Anova 분석을 사용하였으며, 처리구간의 유의수준은 $p < 0.05$ 에서 검정하였다. 기준일(RD ; -2, +2)과 수정일(-1, 0, +1)의 2시간 기간의 비교는 비모수 검정인 Wilcoxon signed-rank test를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

발정 시 특징으로는 승가행동, 승가를 허용하는 행동, 머리를 다른 소에게 얹는 행동, 갑자기 도망가는 행동이 대표적인데[8], 이들 행동들은 젖소의 보행수를 증가시키며, 평상시보다 보행수가 2.5배에서 크게는 4배 이상 증가한다고 보고된 바 있다[13]. 본 논문에서 사용된 S1 기기에서 보여주는 활동성도 선행연구와 유사하게, 기준일(RD : 10.2±1.0/day)에 비해 수정일 (-1 : 12.5±1.03/day ; 0 : 12.9±1.73/day)에서 유의적으로(p<0.05) 활발한 것으로 나타났다(Table 1). S2 기기의 활동성 또한 기준일(RD : 40.3±2.68)에 비해 수정일 (0 : 63.0±3.66)에 유의적으로(p<0.05) 증가하는 것으로 분석되었다(Table 2). S1과 S2 기기에서 24시간 기준으로 시간대별 발정 알림에 대해 공통적으로 알려주는 활동성 지표에서 기준일(RD)과 수정일(-1, 0, +1)을 확인한 결과, 유의적인 차이는 발견되지 않았지만(p>0.05), 기준일에 비해 수정일(-1)에 20~24시에 증가하였고, 수정당일 0~4시에도 증가하는 경향으로 나타났다(Fig. 2). 젖소의 발정이 발현되는 시간은 약 65%가 야간에 집중되어 있으며, 그 중 18~24시 사이에 15%, 0~6시 사이에 40%, 6~12시에 23%가 나타났다[14]. 따라서 이 시간에 젖소의 발정을 탐지하는 것이 매우 중요하다.

S1 기기의 일일 음수횟수(Table 1)는 기준일(RD : 5.9±0.89/day)에서 수정일 전(-2 : 5.6±0.98 ; -1 : 5.7±0.96)까지는 감소하였으나, 수정일(0 : 6.3±0.86 ; +2 : 6.0±0.73)에는 기준일과 유의적으로 같은 횟수를 보였다(p<0.05). 평상시 사료섭취량은 20.0±0.44 (kg of DM)인데, 수정 하루 전 날과 수정 당일 사료섭취량이 평균

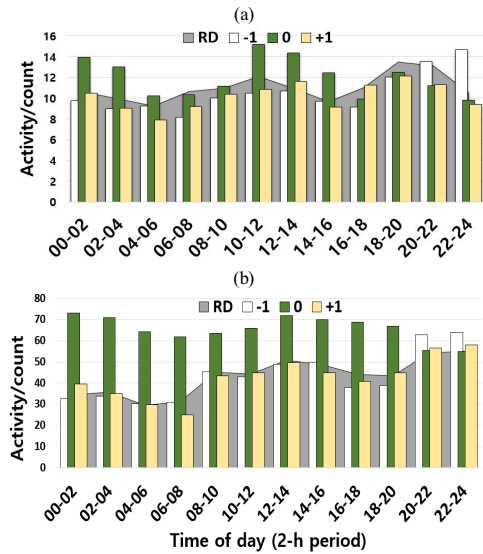


Fig. 2. Activity count 2-h period on reference day, d -1, 0, and +1 by (a) S1 (b) S2.

17.5±0.45 (kg of DM)으로 나타났고, 사료섭취시간도 발정기에는 1시간가량 감소하는 [15]연구와 유사한 결과를 나타내었다. Table 1의 반추위 내의 온도와 반추위 내의 pH는 각각 기준일(RD : 39.3±1.21℃/day ; 6.3±0.27/day)과 수정일(d-2, -1, 0, +1, +2)과 유사한 경향을 나타냈다(p>0.05). Table 2의 반추시간은 기준일(RD : 43.2±2.95/day)과 수정일(d-2, -1, 0, +1, +2)이 유사한 경향을 나타냈다(p>0.05). 육우의 경우, 반추위내 온도는 평상시에 38.30±0.09, 발정기에는 38.98± 0.11로 약 0.6℃ 정도 온도가 상승하는 결과를 보이게 되는데, 이는 반추위의 온도가 분만 전날 감소하고 발정기에서

Table 1. Mean daily values and standard error of ruminal temperature, ruminal pH, activity and number of drinking per cow during the reference day1 and the days around insemination by S1

Reference day		Day around AI				
		-2	-1	0	+1	+2
Ruminal temperature (°C)	39.3±1.21 ^{ns}	39.1±1.15	39.2±1.25	39.2±1.23	39.0±1.25	39.2±1.21
Ruminal pH	6.3±0.27 ^{ns}	6.2±0.20	6.3±0.29	6.3±0.29	6.3±0.24	6.2±0.26
Activity	10.2±1.00 ^b	10.2±1.43 ^b	12.5±1.03 ^a	12.9±6.73 ^a	9.2±0.70 ^b	10.1±1.81 ^b
Number of drink	5.9±0.89 ^a	5.6±0.96 ^b	5.7±0.96 ^b	6.3±1.86 ^a	5.5±0.83 ^b	6.0±0.73 ^a

^{a,b} Means within a row with different superscripts differ (P < 0.05).

¹Reference day: mean value of d -7 to -3 before insemination and d +3 to +7 after insemination.

Table 2. Mean daily values and standard error of activity, ruminal time, and rumination count on day per cow during the reference day1 and the days

Reference day		Day around AI				
		-2	-1	0	+1	+2
Activity	40.3±2.68 ^b	50.6±3.60 ^b	52.9±3.69 ^b	63.0±3.66 ^a	39.8±2.59 ^b	39.7±2.59 ^b
Ruminal time	43.2±2.95 ^{ab}	41.7±2.87	33.1±4.26	28.8±7.43	32.4±7.99	44.3±3.07
Ruminal count per day	493.8±10.92 ^a	487.5±26.09 ^a	390.2±13.36 ^b	354.1±16.71 ^b	477.1±15.75 ^a	473.2±15.54 ^a

^{ab} Means within a row with different superscripts differ (P < 0.05).

¹Reference day: mean value of d - 7 to - 3 before insemination and d +3 to +7 after insemination.

증가하여 분만 및 발정의 예측 인자로 사용될 가능성이 높다고 보고된 바 있다[16]. 반추위내의 온도 및 pH와 반추시간은 제한된 시료수(n=10)로 인해 젖소의 개체차이 영향이 큰 것으로 추정되며, 추가적으로 다양한 젖소의 데이터를 확보하여 재분석할 필요가 있다고 판단된다.

S2 기기의 일일 반추횟수(Table 2)는 기준일(RD : 493.8±10.92) 보다 수정일(-1 : 390.2±13.36; 0 : 354.1±16.71)에 감소하는 것으로 나타났다(p<0.05).

이는 수정 전날과 수정일에 반추시간이 감소하는 것으로 나타난 [1]의 연구결과와 일치하였고, 발정기에는 젖소의 활동의 증가와 불안정성이 함께 진행[17]되어 사료섭취량의 감소와도 연관이 있는 결과라고 생각된다.

S1의 기기는 젖소의 물리적 영향을 최소화하는 반추위 내 삽입형 센서를 이용하여 반추위의 온도와 pH, 음수횟수 추정치와 활동성을 근거로 발정시기를 추정하였으며, S2의 기기는 젖소의 체표면의 접촉부위의 열센서를 이용하여 반추위 활동과 활동성을 근거로 발정시기를 추정한 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구의 결과를 종합해 보면, 논문에서는 젖소의 활동량 변화, 반추위 운동량, 반추위 내 온도 및 pH 등의 데이터를 활용하여 발정시기를 측정할 때 사용 되는 S1과 S2 기기를 비교·분석하여 정확도를 검증하는 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 활동성 측면에서는 S1 기기는 기준일(RD)에 비해 수정일(-1, 0)에서 약 2회/day, S2 기기는 수정일(0)에서 약 23회/day 증가하는 것으로 나타났다.

- (2) 음수횟수는 기준일(RD)에서 수정일 전(-2, -1)까지는 약 0.3회/day 감소하였다.

- (3) 일일 반추 횟수는 기준일(RD) 보다 수정일(-1, 0)에 약 100회~150회/day 감소하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 발정탐지를 위해 사용된 S1과 S2 기기에서 활동성 증가에 대한 결과 값은 두 기기가 거의 일치하였고, S1기기에서는 음수횟수, S2에서는 반추 횟수의 대한 결과가 유의적으로 감소하여 각각의 기기들에서 제공하는 발정 탐지와 관련된 데이터들이 이미 구현되어 결과 값을 도출한다고 예측된다. 이에 반해 국내는, 외산 기기의 결과 값만 받아서 농장에서 발정탐지와 젖소의 건강관리에 사용하고 있는 실정인데, 이 기기들을 통해 나오는 데이터들이 어떻게 도출이 되는가에 대한 정밀한 분석을 토대로 국내의 농장 환경과 젖소 개체의 실정에 맞는 활동량 변화, 반추위 운동량, 반추위 온도 및 pH 등을 데이터를 활용 하여 발정의 조기탐지 뿐만 아니라, 개체관리에도 정확도 높은 국내산 기기의 보급이 시급하다고 판단된다.

References

- [1] 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.
- [2] A. Fisher, R. Morton, J. Dempsey, J. Henshall, J. 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.

- [3] Y. Ikeda, Y. Ishii, "Recognition of two psycho conditions of a single cow by her voice", *Comput. Electron. Agric.*, vol. 62, no. 1, pp. 67-72, 2008.
- [4] G. Jahns, "Call recognition to identify cow conditions - a call-recogniser translating calls to text", *Comput. Electron. Agric.*, vol. 62, no. 1, pp. 54-58, 2008.
- [5] 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 in two different conditions", *Appl. Anim. Behav. Sci.*, vol. 1, no. 1-2, pp. 1-9, 2006.
- [6] M. G. Diskin, J. M. Sreenan, "Expression and detection of oestrus in cattle", *Reprod. Nutr. Dev.* vol. 40, no. 1, pp. 481 - 491, 2000.
- [7] 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 Tr. Software & Data Eng.*, vol. 2, no. 11, pp. 2287-5905, 2013.
- [8] V. Röttgen, F. Becker, A. Tuchscherer, C. Wrenzycki, S. Düpjan, P. C. Schön, B. Puppe, "Vocalization as an indicator of estrus climax in Holstein heifers during natural estrus and super ovulation", vol. 101, no. 3, pp. 2383 - 2394, 2018.
- [9] 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.
- [10] M. S. Dizier, S. C. Maillard, "Towards an automated detection of oestrus in dairy cattle", *Report. Domes. Anim.*, vol. 47, no. 6, pp. 1056-1061, 2012.
- [11] C. J. Rutten, W. Steeneveld, C. Inchaisri, H. Hogeveen, "An ex ante analysis on the use of activity meters for automated estrus detection: To invest or not to invest?", *J. Dairy Sci.* vol. 97, no. 1, pp. 6869-6887, 2014.
- [12] R. W. Rorie, T. R. Bilby, T. D. Lester "Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle", *Theriogenology.* vol. 57, no. 1, pp. 137-148, 2002.
- [11] C. A. Kiddy, "Variation in Physical Activity as an Indication of Estrus in Dairy Cows", *J. Dairy Sci.* vol. 60, no. 2, pp. 235 - 243, 1977.
- [14] K. Schirmann, M. Keyserlingk, D. Weary, D. Veira, W. Heuwieser, "Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows", *J. Dairy Sci.* vol. 92, no. 1, pp. 6052 - 6055, 2009.
- [15] R. Firk, E. Stamer, W. Junge, J. Krieter, "Automation of estrus detection in dairy cows. A review", *Livest. Sci.* vol. 75, no. 1, pp. 219-232. 2002.
- [16] M. J. Cooper-Prado, N. M. Long, E. C. Wright, C.L. Goad and R.P. Wettemann "Relationship of ruminal temperature with parturition and estrus of beef cows", *J Anim Sci.* vol. 89, no. 4, pp. 1020-1027, 2011.
- [17] J. V. Vliet, F. V. Eerdenburg, "Sexual activities and oestrus detection in lactating Holstein cows", *Appl. Anim. Behav. Sci.* vol. 50, no. 1, pp. 57-69, 1996.

양 가 영(Ka-Young Yang)

[정회원]



- 2012년 2월 : 강원대학교 축산학 동물자원학 (농학석사)
- 2016년 8월 : 강원대학교 축산학 동물시스템과학 (농학박사)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원

<관심분야>

동물복지, 동물행동

우 샘 이(Sae-Mee Woo)

[정회원]



- 2013년 2월 : 충남대학교 낙농산업 과학 (농학사)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 연구사

<관심분야>

동물복지, 반려동물

권 경 석(Kyeong-Seok Kwon)

[정회원]



- 2010년 8월 : 서울대학교 지역시스템공학 (공학석사)
- 2016년 8월 : 서울대학교 지역시스템공학 (공학박사)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 연구사

<관심분야>

시설환경, 대기환경, 전산유체역학

최 희 철(Hee-Chul Choi)

[정회원]



- 2003년 8월 : 충남대학교 낙농학
가축영양학 (농학박사)
- 1986년 6월 ~ 현재 : 농촌진흥청
가금과, 축산환경과 연구사, 연구관
- 2012년 2월 ~ 2014년 3월 : 국립
축산과학원 가금과장

<관심분야>

가축사육시설, 사육환경, 동물복지, 가축정밀관리

전 중 환(Jung-Hwan Jeon)

[정회원]



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

<관심분야>

동물복지, 동물행동, 동물발성음

이 준 엽(Jun-Yeob Lee)

[정회원]



- 1998년 8월 : 강원대학교 축산학과
(농학석사)
- 2009년 8월 : 강원대학교 사료생산
공학과 (농학박사)
- 2011년 12월 ~ 현재 : 농촌진흥청
국립축산과학원 축산환경과 연구사

<관심분야>

동물복지, 축산 스마트팜