

Research Article

한우 암소의 초산 분만간격에 대한 유전모수 추정

신승규¹⁺, 최태정²⁺, 손지현¹, 도창희³, 이지홍⁴, 구양모^{1*}

¹한국종축개량협회, ²국립축산과학원 가축개량평가과, ³충남대학교, ⁴경북도립대학교 축산학과

Estimation of Genetic Parameters for First Calving Interval in Hanwoo Cows

Seung-Kyu Shin¹⁺, Tae-Jeong Choi²⁺, Ji-Hyun Son¹, Chang-Hee Do³, Ji-Hong Lee⁴, Yang-Mo Koo^{1*}

¹Korea Animal Improvement Association, Seocho, 06668, Korea

²Animal Genetics & Breeding Division, NIAS, Cheonan, 31000, Korea

³Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

⁴Dept. of Animal Science, Gyeongbuk Provincial College, Yecheon, 36930, Korea

*Corresponding author: Yang-Mo Koo, Korea Animal Improvement Association, Seocho, 06668, Korea, Tel : +82-2-588-9301, E-mail : greatman009@gmail.com

ABSTRACT

This study was conducted to improve cow productivity by analyzing the heritability of the first calving interval trait of Hanwoo cows, and to provide basic data that can be used in selecting and culling individual animals for farms. The data used in this study estimated the genetic parameters by collecting the first calving interval and pedigree data of the second parity after the calculation of 311,981 cows born from 1997 to 2017 that were a linear classification test by the Korea Animal Improvement Association. For the basic statistics and variance analysis of the data, PROC GLM of SAS ver 9.1.3 was used, and RenumF90, REMLF90(Misztal et al., 2007) and computerized programmed based on Fortran based on the AI-REML algorithm were used for genetic evaluation. As a result of the analysis, the average value and standard deviation of the basic statistics at the first calving interval(FCI) were analyzed as 384.43 ± 58.36 days, the first calving age(FCA), the short order of FCA was 381.67 ± 64.63 days, 382.11 ± 57.14 days, 382.43 ± 55.73 days, and 382.80 ± 56.33 days in the order of 18 months, 21 months, 22 months, and 24 months. Conversely, the long order of FCA was analyzed as 390.25 ± 63.90 days, 392.65 ± 64.71 days, 393.82 ± 64.88 days, and 394.17 ± 64.86 days in the order of 30 months, 29 months, 28 months, and 27 months. The first calving interval(FCI) was the shortest at 352.71 ± 2.18 days in Gyeonggi-do, followed by 354.80 ± 1.97 days in Gangwon-do, 381.34 ± 55.32 days in Chungcheongbuk-do, 382.56 ± 58.63 days in Jeollanam-do, Jeju-do, and Gyeongsangbuk-do, respectively. The region with the longest FCA was 387.04 ± 60.10 days in Gangwon-do, followed by Jeollabuk-do and Gyeongsangnam-do with 385.81 ± 59.05 days and 385.11 ± 59.47 days, respectively, longer than other regions. It the basic statistics of the FCI according to the offspring sex, the FCI according to the production of female and male was analyzed very similar to 384.08 ± 58.35 days and 384.78 ± 58.37 days, and it was judged that the FCI according to the sex of the second parity after the first parity difference was almost the same. The FCI between the second parity after the first parity season was the shortest at 380.70 ± 63.19 , followed by spring and fall at 383.81 ± 53.30 days and 385.98 ± 65.75 days, respectively. The season with the latest FCI was winter, indicating 389.83 ± 56.61 days. The variance analysis results showed that FCI showed a high significant difference ($p < 0.001$) between the body condition score(BCS), the age at First Calving(AFC), and HYS(Herd-Year-Season). The heritability of the first calving interval trait was estimated to be 0.175, showing low heritability similar to other studies. However, the cross-validation of phenotypic data for the estimated breeding values was analyzed with a correlation coefficient of 0.876, and it was considered that the genetic ability of cow fertility traits could be used by farmers.

Key words : Hanwoo, Fertility Traits, First Calving Interval, Genetic Parameters, Cross Validation

Received May 26, 2022

Revised September 19, 2022

Accepted September 19, 2022

Copyright © 2022 Journal of Animal Breeding and Genomics.

 This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

국내 한우산업에서 암소개량을 통한 생산성 향상과 그에 따른 고부가가치 창출은 최근 한우 사육 농가의 가장 큰 관심사이고 지속적으로 안정적인 한우산업을 유지해 나가는 데 큰 역할을 한다. 이를 위해 지속적으로 우량한 유전자를 보유한 개체를 선발하고 보급하여 우수한 후대축이 생산되도록 세대간격을 줄이는 것은 가장 중요한 한우산업의 미래 목표가 되고 있다. 이렇듯 한우 사육 농가는 우량 종축의 확보로 생산성을 높이기 위해 능력이 우수한 집단을 구성하고자 가축개량에 관심을 집중하고 있다. 하지만 한우의 경우 산육능력 및 육질형질에 대해서만 유전적 개량평가와 씨수소 중심의 개량정보 활용으로 한정되어 있고 최근까지도 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에 집중되어 개량목표가 설정되고 있다. 이에 따라 사육자는 도체성적에 따른 경제적 이익에 지나치게 의존하게 되고 송아지 매매 시 아버 KPN에 의하여 매매가의 상승효과를 얻기 위해 유전능력이 아주 우수한 일부 씨수소 정액으로 수요를 집중시켜 일선에서는 지속적으로 쏠림현상이 발생하고 있다. 이러한 문제점으로 인해 원하는 KPN 정액을 구하지 못한다는 이유로 일부 다두 사육 농가의 자연종부 교배가 증가하고 있는 현실이다. 이렇듯 산육능력과 육질형질에 한정된 개량목표 설정에 따라 한우 암소의 번식형질에 대한 다양한 연구가 미진하였고 이에 따라 생산자나 사육자도 경제적인 논리에 의하여 암소개량을 KPN 선정에 의한 산육 및 육질형질 개량에 집중하고 있다. 이러한 결과로 사육자나 생산자는 도축 출하시 과거보다 향상된 도축 결과를 얻은 것은 사실이나 최근 한우 번식 및 일관 사육 생산자와의 인터뷰에서 산육 및 육질형질의 집중개량을 통해 암소의 체형과 산육능력을 높이는데 성과를 얻었지만 번식 형질인 인공수정으로 수태율이 과거보다 현저히 낮아졌다는 피드백을 많이 받고 있었으며 한우 암소사육 농장에서 확인한 결과 체형이 우수하고 형매의 도축성적도 우수한 암소가 번식능력 저하(불임 등)로 인하여 조기에 도태되는 경향을 확인하였다. 과거 한(2002)은 한우 번식 형질에 대한 환경요인 효과의 연구에서 1986년부터 1995년까지 한우 암소의 평균 분만간격을 355.93 ± 1.92 일로 보고하였으나 최근 연구에서 송(2017)은 한우 경제형질에 대한 유전모수 추정에서 육종농가의 암소 평균분만 간격을 385.69 ± 86.47 일로 보고하여 과거보다 30일가량 분만간격이 길어진 것을 확인할 수 있었다. 이에 따라 농가에서는 암소체형 개량 및 도체형질에 대한 개량과 더불어 번식능력에 대한 개량지표 수립과 이를 위한 평가가 필요하다고 말하고 있다. 번식형질 유전력의 경우에는 대부분의 연구에서 0.2 이하로 저도의 유전력을 보이는 것으로 연구 발표하고 있어 환경적인 요인에 큰 영향을 받는다고 사료된다. 본 연구를 위한 사전표본 조사를 통해 한우암소의 경우에는 평균적으로 경제수명이 약 54.3개월(축산물품질평가원, 2019)로 약 2.5산차에 대부분 사육자는 암소를 도태하고 후대축으로 번식우군을 갱신하는 것으로 분석되었으며 이러한 한우산업상의 여건에서는 정확한 번식형질의 산차별(반복적) 평가가 어렵다고 생각한다. 하지만 현재 대부분 한우번식 및 일관사육농가는 사육중인 암소에서 산육능력과 체형능력이 낮아도 기본적인 경제적인 수익을 위해 최소 1산을 하려는 의지가 크다. 때문에 초산 이후 2산차까지의 분만간격에 대해 유전모수를 정확하게 추정하기 위한 집단크기의 설정이 가능하고 유전적인 번식능력을 추정하는데 좋은 연구가 될 것이다. 또한 이러한 연구를 통해 번식능력이 우수한 개체가 도체형질과 함께 선발지수화되어 조기에 선발될 수 있는 시스템의 마련이 필요하다고 생각하였다. 본 연구는 「한우 암소의 초산 분만간격(First Calving Interval)에 대한 유전모수 추정」을 위하여 환경요인의 효과를 분석하였고 기초통계 분석을 통하여 데이터의 경향을 유추하였으며 초산 분만간격의 유전모수를 추정하며 자료 분석 및 관련 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시자료

본 연구에는 1997년부터 2017년 사이에 태어난 암소 중 한국종축개량협회에서 수집한 선형심사를 받은 암소자료만을 이용하였으며 분만간격을 연구하기 위하여 정상적으로 분만을 하였고 분석목적에 맞는 암소 312,032두의 자료를 이용하였다. 이 중 이전 시행된 연구들과 동일하게 진행하기 위하여 분만간격(CI)에 대한 수용범위를 290일부터 630일 사이(Goyache et al., 1995; Goyache and Gutierrez, 2001)로 설정하여 분만간격에 대하여 연구를 실시하였다. 특히 본 연구에서는 초산(1산차)부터 2산차 사이

의 분만간격에 대한 연구만을 실시하였는데 한우암소의 경우 경제수명이 약 54.3개월(축산물품질평가원, 2019)로 나타내며 산차로는 약 2.5산차에 해당한다. 이러한 이유로 다양한 산차별 분만간격(CI)의 데이터를 수집하여 분석에 활용하는데 어려움이 있었고 계절번식 및 동절기 송아지 생산기피에 대한 분만 시기조절에 의하여 분만간격의 자료에 대한 인위적 자료변동이 발생할 여지가 있으므로 축주가 번식에 활용하고자 하는 의지가 높으며 자료수집이 용이한 초산부터 2산차(First Calving Interval, FCI)사이의 분만간격을 이용하였으며 연구에 사용된 자료의 분포를 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Numbers of records by first calving interval factor considered on analysis models

BCS ¹⁾	No.	Resion ²⁾	No.	Year ³⁾	No.	AFC ⁴⁾	No.
1	312	Gyeonggi	29,471	<2012	9,192	<21	16,951
2	1,222	Gangwon	54,488	2012	12,980	21	29,091
3	15,877	Chungbuk	15,813	2013	31,014	22	51,417
4	49,818	Chungnam	35,194	2014	48,040	23	63,516
5	140,236	Jeonbuk	40,190	2015	50,428	24	55,684
6	76,448	Jeonnam	21,276	2016	53,094	25	34,489
7	24,022	Gyeongbuk	57,375	2017	56,108	26	22,537
8	3,820	Gyeongnam	57,565	2018	49,074	27	14,358
9	272	Jeju	660	2019	2,102	28	10,336
						29	7,415
						30	6,238
Total	312,027		312,032		312,032		312,032

¹⁾BCS: Body Condition Score, Resion²⁾: Province of classification, Year³⁾:Calving production year of classification, AFC⁴⁾: Age at first calving of classification

2. 분석방법

1) 기초통계 분석

본 연구에서 분만간격을 연구하기 위해 정상적인 분만자료만을 수집하였으며 앞에서 설명하였듯이 본 연구에서는 초산(1산차)부터 2산차 사이의 분만간격에 대한 연구만을 실시하였다. 초산부터 2산차(First Calving Interval, FCI)의 분만간격에 대한 분석자료의 정규성을 판단하기 위하여 초산 분만간격(FCI)에 대해 정보수집하고 산출된 결과 및 개체정보를 근거로 BCS(Body Condition Score), 송아지 생산지역, 생산연도 및 초산월령(AFC, age at First Calving)을 대조하여 오류가 있거나 정보가 없으면 비이상적인 측정자료로 판단한 후 해당자료는 제거하였다. 또한 분만형질의 경우 개체별로 산차별 분만기록이 생성되었으나 초산에서 2산차의 분만간격을 제외한 다른 산차의 분만간격 데이터의 경우 계절번식에 적용되거나 폐사위험을 예방하기 위하여 동절기 송아지 생산기피에 의한 인위적 분만 시기조절로 인해 자료변동이 발생할 여지가 있고 평가분석에 활용하는데 어려움이 있어 반복된 산차별 분만자료 중 초산 분만간격(FCI) 자료만을 이용하였다.

이렇듯 기초적인 오류정보 및 missing 데이터를 제거한 후 SAS 통계 패키지 MEANS Procedure를 이용하여 각 형질별 점수의 기술통계량을 분석하고, 자료의 형질별 분포 및 정규성 검정을 파악하기 위해 평균, 표준편차, 최소값, 최대값을 추정하여 기초통계량을 Table 2에 제시하였다.

Table 2. Descriptive statistics for calving interval trait in Hanwoo

Item	No. of record	Mean $\pm$ Std ¹⁾	Min ²⁾	Max ³⁾
First Calving Interval (FCI)	312,032	384.43 $\pm$ 58.36	290	630

¹⁾Std: standard deviation, ²⁾Min: minimum, ³⁾Max: maximum

2) 환경효과별 분산분석

1차 기초통계 분석자료를 통해 정규성 검정을 파악한 후 BCS(Body Condition Score), HYS(Herd-Year-season), 초산월령(AFC, age at First Calving)에 대한 환경효과가 FCI(First Calving Interval) 형질에 미치는 영향을 알아보기 위해 BCS(Body Condition Score), HYS(Hers-Year-season), 초산월령(AFC, age at First Calving)에 대하여 다변량분산분석(multivariate analysis of variance)을 실시하였다. HYS(Herd-Year-season)의 경우에는 10개 이하의 소규모 동기우군이 많아 10개 이하를 제거하였고 분산분석은 SAS Package Ver 9.1.3의 PROC GLM(Generalized Linear Model)을 이용하였으며 통계분석 모델식은 다음과 같다.

$$Y_{ijk} = \mu + HYS_i + BCS_j + AFC_k + e_{ijk}$$

여기서, Y_{ijk} 각 형질별 해당하는 관측치, μ 집단의 평균, HYS_i i 번째 지역과 분만연도, 계절의 고정효과, BCS_j j 번째 신체충실지수(body condition score)에 대한 고정효과, AFC_k k 번째 초산월령(AFC)의 고정효과, e_{ijk} 각 측정치의 임의오차이다.

상기와 같은 모형을 통해 SAS Package의 GLM(Generalized Linear Model)분석결과가 제공하는 4가지 제곱합중에서 불균형된 자료에 가장 적합한 TYPE III 제곱합을 이용하여 분산분석을 실시하였다. 최소자승평균치(Least square mean, LSM)간의 유의성을 검정을 위하여 다음과 같은 귀무가설을 설정하였으며 유의수준 5%로 각각 형질에 대하여 검정하였다.

$$H_0; LSM(i) = LSM(j)$$

여기서, $LSM(i(j)):(i(j))$ 번째 효과의 최소 제곱 평균치($i \neq j$)

3) 유전모수 추정

본 연구를 위해 수집한 정상적인 분만자료에서 초산(1산차)부터 2산차 사이의 분만간격(First Calving Interval, FCI)에 대한 자료만을 이용하였고 다양하게 수집된 형질들은 정규분포의 연속변량 형질로 간주하였으며, 다변량 분산분석(multivariate analysis of variance)을 통해 귀무가설을 설정하였으며 유의수준이 5% 범위내로 유의성이 확인된 주요 환경효과인 BCS(Body Condition Score), HYS(Hers-Year-season) 및 초산월령(AFC, age at First Calving)을 이용하여 단형질 개체모형(Single trait animal model)에 적용하였다.

$$Y_{ijk} = \mu + HYS_i + BCS_j + AFC_k + a_{ijk} + e_{ijk}$$

여기서, Y_{ijk} 각 형질별 해당하는 관측치, μ 집단의 평균, HYS_i i 번째 지역과 분만연도 및 계절에 대한 고정효과, BCS_j j 번째 신체충실지수(body condition score)에 대한 고정효과, AFC_k k 번째 초산월령(AFC)의 고정효과, a_{ijk} Random Direct Additive Genetic Effects, e_{ijk} 각 측정치의 임의오차이다.

이상의 모형을 행렬에 의한 방정식으로 표기하면 아래와 같다(Henderson, 1976).

$$y = X\beta + Za + e$$

여기서, Y 초산 분만간격 형질에 대한 관측치 벡터, X 고정효과 동기군(HYS), BCS 및 AFC에 대한 계수행렬, Z 개체에 임의효과에 관한 계수행렬, β 알려지지 않은 고정효과에 대한 추정치 벡터, a 개체효과에 대한 육종가 벡터, e 임의오차 벡터이다.

여기서, 기대값, 분산 및 공분산은 다음과 같다.

$$E(Y) = Xb, \text{Var}(u) = G = G^* \otimes A, \text{Var}(e) = R = R^* \otimes I, \text{Var}(y) = V = ZGZ' + R$$

A : 상가적 혈연계수 행렬, G^* : 상가적 유전분산-공분산 행렬, R^* : 임의 오차분산-공분산 행렬, I : 단위행렬, $\otimes$: Kronecher product(Searle, 1995)

이에 기초하여 혼합모형방정식(MME)을 다음과 같이 할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + A^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix}$$

여기서, A 는 상가적 혈연계수 행렬, I 는 대각성분이 1인 단위행렬이다.

개체의 Pedigree에 대한 리넘버링(Renumbering)이 필요하였고 고정효과(Fixed effect)에 대하여 재정렬을 하기 위하여 RENUMF90(Misztal et al, 2007)을 사용하였으며, 유전모수 추정을 위하여 AI-REML 알고리즘을 바탕으로 Fortran기반에서 전산 프로그램한 REMLF90(Misztal et al, 2007)을 이용하여 오차분산이 Round별 10^{-11} 이하로 수렴 될 때 까지 반복하여 유전모수를 추정하였다. 최종적으로 REMLF90에서는 additive variance(유전분산)와 residual variance(잔차분산)이 계산되며 추정된 유전모수를 이용하여 초산 분만간격 형질에 대한 유전력과 유전적 상관관계를 다음과 같이 계산하였다.

$$\hat{h}_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_p^2}, r_{G(i,j)} = \frac{Cov_{a(i,j)}}{\sqrt{\sigma_{a(i)}^2 \times \sigma_{a(j)}^2}} (i \neq j)$$

여기서, 유전력, 상가적 유전분산성분, 잔차 분산성분, $Cov_{a(i,j)}$: i, j 에 해당하는 형질간에 공분산이다.

결과 및 고찰

한국종축개량협회에서 수집한 기초, 혈통등록된 개체자료 중 암소선형심사(Linear classification)를 받은 1산차 이상의 개체에 대해 인공수정으로 태어난 후태축 분만자료를 다시 수집하였고 산차간의 분만간격을 산출하여 분석 데이터로 준비하였다. 분만간격(CI)의 수용범위를 290일부터 630일 사이(Goyache et al., 1995; Goyache and Gutierrez, 2001)로 설정하였으며 한우는 평균 도축월령이 54.3개월, 약 2.5산차(축산물품질평가원, 2019)이므로 산차별 분만간격의 데이터에서도 3산차 이상의 자료 빈도수가 급격하게 줄어들었으며 산차별 분만간격(CI)에 대한 유의성 검정에서 유의적이지 못하다고 판단하여 기초자료에서 삭제하였다. 이러한 이유로 분만간격(CI)에 대한 조사형질은 초산 분만간격(FCI)로 설정하여 분석하였으며 기초통계량을 Table 2에 제시하였다.

분석한 312,032두의 초산 분만간격(FCI, First Calving Interval)의 평균 및 표준편차는 384.43 ± 58.36 으로 나타났다. 한 등(2002)은 한우의 번식형질에 대한 환경요인 효과 연구에서 초산에서 2산차까지의 분만간격의 평균을 376.15 ± 1.53 로 보고하였고 김 등(2009)은 한우암소의 분만능력에 대한 산차와 분만계절의 효과에서 1산차의 분만간격을 395.0 ± 16.5 로 보고하였으며, Cho, Do, and Choi(2016)는 분만간격과 산차를 중심으로 한우의 번식능력을 연구하였는데 초산에서 2산차 사이의 분만간격을 395.53 으로 보고하였다. 번식에 대해 환경 및 기술적으로 파악해 보면 농가에 대한 자가수정기술 확대 보급과 번식기술 향상 및 사양환경의 개선, 약제, 번식장비의 고도화로 과거보다는 번식기술과 장비가 향상되었다고 할 수 있으나 기존 연구에서 한 등(2002)과 Cho 등(2016)은 번식으로 활용하는 암소의 경제수명의 기간이 짧아 농후사료 위주로 사양관리되고 있으며 계류사 및 우방에서의 운동부족으로 공태일수와 번식간격이 줄지 않고 증가되고 있다고 지적하였으며 2010년 이후 추이는 완만하게 보이고 있으나 Cho 등(2016)은 수정능력과 부의상관관계를 지닌 근내지방도의 형질을 지나치게 우선적으로 개량목표로 설정하여 계획 교배를 시킨 결과로 수정능력이 저하되는 것도 원인으로 지목하였다(Sato et al., 2010).

기존 연구와 비교하여 본 연구에는 1997년부터 2017년생까지의 암소의 분만간격을 데이터로 수집하였고 한우개량사업에 참여하는 농가를 방문하여 암소의 체형에 대한 자료를 수집하는 선형심사사업 참여농가의 개체에 대한 자료이므로 기존 연구대상 집단보다는 암소개량 및 번식능력 관리가 우수하여 기존 연구보다 분만간격이 짧게 추정되었다고 사료된다.

Table 3을 살펴보면 초산월령(First calving age)에 대해 분만간격을 분석한 결과 초산 분만월령이 짧은 순은 18개월이하, 21개월, 22개월, 24개월령순으로 381.67 ± 64.63 일, 382.11 ± 57.14 일, 382.43 ± 55.73 일, 382.80 ± 56.33 일로 나타났으며 반대로 초산 분만월령이 긴 순은 30개월, 29개월, 28개월, 27개월 순으로 390.25 ± 63.90 일, 392.65 ± 64.71 일, 393.82 ± 64.88 일 및 394.17 ± 64.86 일로 분석되었다. 이처럼 초산월령이 빠르면 발정재귀율이 높고 공태일수가 줄어들어 분만간격이 짧아지는 경향이 보이는데 이는 성성숙에 따른 첫수정 시기와 초산월령에 의해 분만 후 다음 산차의 분만간격이 영향을 받는다고 사료되며 수정이 어렵거나 착상과 수태가 실패했을 가능성이 있는 개체는 다음 분만까지의 분만일도 길게 늘어나는 경향이 보인다고 할 수 있다.

Table 3. Descriptive statistics of First calving age on the first calving interval in Hanwoo

First calving age	No. of record	Mean $\pm$ Std ¹⁾	Min ²⁾	Max ³⁾
<18	1,408	381.67 $\pm$ 64.63	292	630
19	3,819	386.30 $\pm$ 62.93	291	630
20	11,724	383.19 $\pm$ 59.54	290	630
21	29,091	382.11 $\pm$ 57.14	290	630
22	51,417	382.43 $\pm$ 55.73	290	630
23	63,516	383.01 $\pm$ 55.45	290	630
24	55,684	382.80 $\pm$ 56.33	290	630
25	34,489	384.31 $\pm$ 59.53	290	630
26	22,537	387.42 $\pm$ 62.77	290	630
27	14,358	390.25 $\pm$ 63.90	290	630
28	10,336	392.65 $\pm$ 64.71	290	630
29	7,415	393.82 $\pm$ 64.88	290	630
30	6,238	394.17 $\pm$ 64.86	292	630

Table 4. Descriptive statistics of calving year and month on the first calving interval in Hanwoo

Item	No. of record	Mean $\pm$ Std ¹⁾	Min ²⁾	Max ³⁾
Calving Year				
<2008	1,676	382.41 $\pm$ 61.80	294	627
2009	1,175	381.18 $\pm$ 58.63	293	629
2010	1,953	391.05 $\pm$ 64.89	290	628
2011	3,323	391.68 $\pm$ 62.41	291	630
2012	11,075	395.36 $\pm$ 66.41	290	630
2013	28,681	392.43 $\pm$ 62.30	290	630
2014	47,657	386.25 $\pm$ 59.89	290	630
2015	49,692	383.59 $\pm$ 58.49	290	630
2016	52,948	382.44 $\pm$ 57.77	290	630
2017	55,800	385.56 $\pm$ 58.97	290	630
2018	52,811	380.43 $\pm$ 52.63	290	630
2019	5,241	351.57 $\pm$ 23.30	291	450
Calving month				
1	15,725	389.93 $\pm$ 57.95	290	630
2	23,243	389.30 $\pm$ 53.17	290	630
3	47,539	388.32 $\pm$ 51.10	290	630
4	49,635	383.29 $\pm$ 52.71	290	630
5	40,672	379.17 $\pm$ 56.06	290	630
6	30,264	378.39 $\pm$ 60.34	290	630
7	23,377	380.71 $\pm$ 64.21	290	630
8	20,423	384.11 $\pm$ 65.92	290	630
9	16,512	384.12 $\pm$ 66.33	290	630
10	15,933	384.99 $\pm$ 65.63	290	630
11	13,927	389.31 $\pm$ 65.08	290	630
12	14,782	390.56 $\pm$ 60.31	290	630

¹⁾Std: standard deviation, ²⁾Min: minimum, ³⁾Max: maximum

수집한 데이터에서 좀 더 다양한 기초통계를 분석한 결과보면 Table 5와 비교하여 한 등(2002)은 한우의 번식형질에 대한 환경효과 연구에서 전체 산차자료의 분만간격은 경기도가 352.71 $\pm$ 2.18로 가장 짧았으며 다음으로는 강원도가 354.80 $\pm$ 1.97일로 나타나는 순 이었고 가장 늦은 지역은 충청남도로 359.64 $\pm$ 2.09일로 보고하였으나 본 연구에서는 지역별로 충청북도가 381.34 $\pm$ 55.32일로 가장

짧았고 다음은 전라남도, 제주도, 경상북도로 각각 382.56 ± 58.63 일, 382.57 ± 55.51 일, 382.71 ± 56.95 일로 나타났다. 가장 초산 분만간격이 길었던 지역은 강원도로 387.04 ± 60.10 일, 전라북도, 경상남도가 각각 385.81 ± 59.05 일, 385.11 ± 59.47 일로 다른 지역보다 길게 나타났다.

후대축 성별(Offspring Sex)에 따른 분만간격의 기초통계에서는 female과 male의 생산에 따른 분만간격이 384.08 ± 58.35 일과 384.78 ± 58.37 로 매우 유사하게 통계량이 분석되어 초산 이후 2산차에 생산된 후대축의 성별에 따른 분만간격은 거의 동일하다고 판단되었다.

추가적으로 분만계절에 따른 초산 이후 2산차 사이의 분만간격은 여름(summer)에 생산된 개체의 분만간격이 380.70 ± 63.19 일로 가장 짧았으며 다음은 봄(spring)과 가을(fall)이 각각 383.81 ± 53.30 일과 385.98 ± 65.75 일로 나타났다. 가장 늦은 분만간격을 보인 계절은 겨울(winter)로 389.83 ± 56.61 일을 나타냈다. 한 등(2002)은 유사한 연구에서 여름(summer), 봄(spring), 가을(fall), 겨울(winter)순인 344.95 ± 1.98 일, 352.43 ± 2.03 일, 356.66 ± 1.96 일, 369.67 ± 2.02 일로 분석하며 본 연구의 기초통계에 따른 분만간격순이 동일하게 나타났는데 한 등(2002)은 출생계절별 임신기간은 285.08 ± 0.44 일~ 285.50 ± 0.43 으로 큰 차이를 보이지 않아 농번기인 봄, 여름 기간에 번식우에 대한 발정 및 번식관리가 미비하여 번식간격이 늦어진 것으로 추정하였다.

본 연구에서 환경효과에 따른 수집자료의 변화 추세를 살펴보기 위해 한우 초산 분만간격 형질의 분산분석을 시행하였으며 결과는 Table 6에 나타냈다.

Table 5. Descriptive statistics of region, offspring sex, calving season on the first calving interval in Hanwoo

Item	No. of record	Mean $\pm$ Std ¹⁾	Min ²⁾	Max ³⁾
Region				
Gyeonggi	29,471	383.37 ± 56.84	290	630
Gangwon	54,488	387.04 ± 60.10	290	630
Chungbuk	15,813	381.34 ± 55.32	290	630
Chungnam	35,194	383.94 ± 57.56	290	630
Jeonbuk	40,190	385.81 ± 59.05	290	630
Jeonnam	21,276	382.56 ± 58.63	290	630
Gyeongbuk	57,373	382.71 ± 56.95	290	630
Gyeongnam	57,565	385.11 ± 59.47	290	630
Jeju	660	382.57 ± 55.51	292	625
Offspring				
Female	157,404	384.08 ± 58.35	290	630
Male	154,626	384.78 ± 58.37	290	630
Calving season				
Spring	137,846	383.81 ± 53.30	290	630
Summer	74,064	380.70 ± 63.19	290	630
Fall	46,372	385.98 ± 65.75	290	630
Winter	53,750	389.83 ± 56.61	290	630

¹⁾Std: standard deviation, ²⁾Min: minimum, ³⁾Max: maximum

Table 6. Analysis of variances for the first calving interval(FCI) trait in Hanwoo (N=312,032)

Source	DF ³⁾	Calving interval(CI)	
		MS ⁴⁾	F-value
BCS	9	39,493.97	11.94**
AFC ¹⁾	15	214,468.30	64.83**
HYS ²⁾	5,976	77,96.66	2.36**
Error	306,031	3,308	

¹⁾AFC: Age at first calving, ²⁾HYS: region and year, season at classification, ³⁾DF: degree of freedom, ⁴⁾MS: mean square

** : P < 0.001, Mean square has high significant

초산 분만간격(FCI)의 분산분석 결과는 BCS (Body Condition Score)와 초산월령(AFC), HYS (Herd-Year-Season)에 대해 고도의 유의적 차이 ($p < 0.001$)를 나타냈다. 초산 분만간격(FCI)에 있어서 Gutiérrez et al.(2002)은 초산일령과 BCS의 환경효과에 대하여 고도의 유의성 ($p < 0.01$)을 가지는 것으로 보고하였고 한 등(2002)은 지역의 환경효과에 대하여 고도의 유의성 ($p < 0.01$)을 가지는 것으로 보고하였는데 이는 본 연구에서 분만지역과 BCS, 초산월령(일령)이 유의적 차이를 가지는 것과 같은 결과를 나타냈다.

암소의 생애 첫분만이 이뤄진 초산월령에 따른 초산 이후 2산차의 분만간격 최소자승 평균은 Table 7에 표시되었다. 초산 분만간격(FCI)은 Figure 1에서 볼 수 있듯이 초산월령 19개월령미만에서 381.67일로 가장 분만간격이 짧게 나타났고 383.95일을 나타낸 19~20개월령 구간은 가장 많은 빈도수를 보이는 21~22개월령, 23~24개월령인 382.32일, 382.91일보다는 약간 길었다. 이후 25~26개월령, 27~28개월령, 29~30개월령 구간에서 분석된 각각의 분만간격 385.54일, 391.26일, 393.98일에서 볼 수 있듯이 초산월령이 늦어질수록 평균인 384.43일보다 점차 길어지는 추세를 보였다. 이는 초기에 성성숙이 되고 초임 가능 시기에 적정하게 도달한 암소에 대하여 교배에 활용하면 좀 더 빠른 분만간격을 생성시킬 수 있다고 할 수 있다.

Table 7. Estimation of according to monthly age group

Trait	Monthly age group to First Calving Hanwoo						
	<19 (SE ¹⁾)	19~20 (SE)	21~22 (SE)	23~24 (SE)	25~26 (SE)	27~28 (SE)	29~30 (SE)
FCI	381.67 (1.72)	383.95 (0.48)	382.32 (0.20)	382.91 (0.16)	385.54 (0.25)	391.26 (0.41)	393.98 (0.56)

¹⁾SE : Standard error

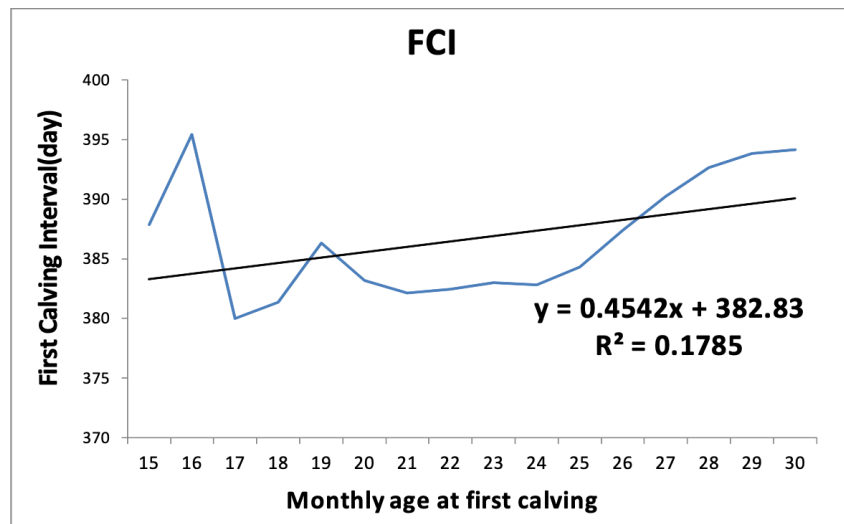


Figure 1. Least square mean of monthly age at First Calving Interval (FCI)

분만연도별 초산 분만간격의 최소자승 평균은 Figure 2에 나타냈다. 2012년도부터 2019년까지 대체로 초산 분만간격은 짧아지는 경향이 있다. 이는 송아지 산지가격과 밀접한 관계가 있는데 숫송아지 거래가(market price)가 지속적으로 상승추세로 유지될 경우 농가의 번식의지가 상승하고 송아지를 생산하는데 시간 및 노력이 증가하고 상대적으로 번식간격이 짧아지기 때문으로 사료된다.

한우 초산 분만간격 형질에 대한 유전력은 Table 8에 볼 수 있듯이 상가적 유전분산(σ_a^2)은 607.9로 환경효과 및 비상가적 유전분산(σ_e^2)은 2870.0으로 분석되었고 유전력(h^2)은 0.175로 다른 연구들과 유사한 저도의 유전력을 나타내었다. 이와 같은 결과는 Beef cattle에 대한 분만간격의 연구에서 Goyache and Gutierrez (2001)의 0.12와 Brzákova et al. (2020)의 0.08보다는 다소 높게 나타났다. 하지만 한우의 분만간격 형질의 유전력 연구에서 Lopez et al. (2019)의 0.03과 큰 차이를 보였다. 유전력 추정결과에서 볼 수 있듯이 초산 분만간격은 저도의 유전력을 가짐으로서 해당 형질이 후대축에 전달되는 유전능력이 존재하며, 번식능력의 향상을 위하여 초산 번식간격에 대한 추정육종가를 적극 활용할 필요성이 있다고 판단된다.

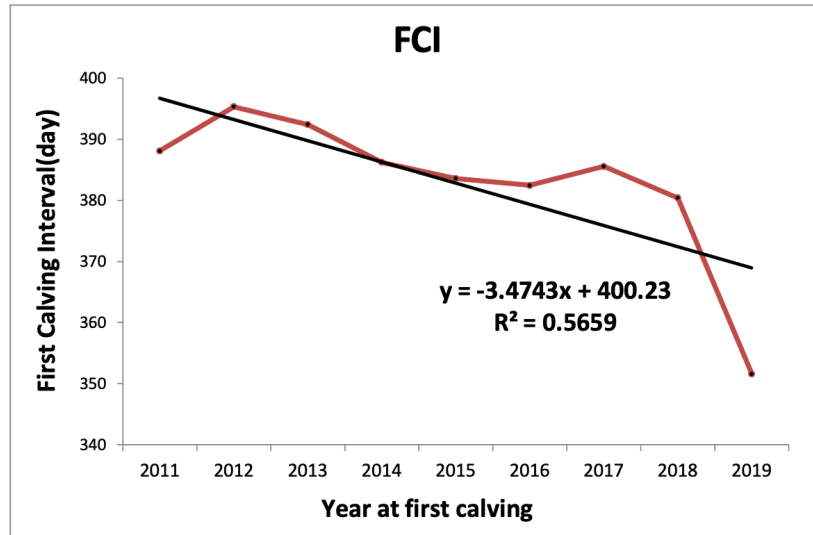


Figure 2. Least square mean of year at First Calving Interval (FCI)

Table 8. Additive genetic variances (σ_a^2), error variances (σ_e^2), heritabilities(h^2) of First Calving Interval (FCI) trait on Hanwoo

Trait	σ_a^2	σ_e^2	h^2
FCI	607.9	2870.0	0.175

초산 분만간격 형질에 대하여 교차검증을 통한 정확도를 확인하기 위하여 추정육종가(EBV)과 표현형가(Phenotypic value)에 대한 상관관계를 Table 9와 같이 분석하였으며 연구결과에서 볼 수 있듯이 고도의 상관관계를 나타내었다. 이에 따라 유전능력평가를 통해 산출한 초산 분만간격(FCI)의 추정육종가(EBV)를 활용하여 암소번식 형질개량에 적용할 경우 한우 암소의 분만간격 및 다른 분만형질의 개량량을 향상시킬 수 있다고 사료된다.

Table 9. Mean accuracy of EBV in the cross-validation method

Trait	Mean accuracy
FCI	0.876

암소의 개량을 통해 한우 사육농가는 우량한 개체를 선발하고 보급하여 우수한 후대축이 생산되도록 매진하고 이를 통해 생산성 향상과 고부가가치를 창출하고 있으며 이러한 암소개량체계는 안정적인 한우산업을 유지시켜 나가는데 큰 역할을 한다. 하지만 암소의 개량은 산육능력 및 육질형질에 한하여 개량목표가 설정되기 때문에 도체형질 개량평가와 씨수소 중심의 개량정보만이 활용되어 한우의 번식능력이 저하되는 것이 현실이며 번식능력에 대한 유전능력평가와 개량에 활용할 수 있는 기틀이 구축되어야 한다고 생각한다.

따라서, 한우농가는 사육중인 암소에 대해 기본적으로 경제적인 수익을 위해 최소 후대축을 한 마리 이상은 생산하기에 개체마다 초산 이후 2산차의 분만간격의 자료가 대부분 생성되고 있으므로 Theme 1에서 이를 분석해 유전모수를 추정하였다.

유전모수의 추정을 위하여 1997~2017년생 암소 중 한국종축개량협회에서 선형심사를 받은 암소 312,032두의 초산부터 2산까지 분만간격과 혈통자료를 수집하였으며 한우암소의 초산 분만간격(FCI)의 유전능력평가를 위한 유전모수를 추정하여 기초자료로 제공하였다. 특히 대부분의 초산월령(First calving age)빈도에 해당하는 21~24개월령 초산 분만구간에서 분만간격이 가장 짧았으며 초산 분만월령이 많아질수록 분만각격이 증가하는 경향을 보였다.

본 연구를 위해 표본집단 전체자료에 대하여 기초통계 및 정규성 검정 등을 실시하여 오류가 있거나 정보가 없으며 비이상적인 측정자료로 판단한 자료는 제거하였다. 또한 분만간격(CI)의 수용범위를 290일부터 630일 사이로 설정하고 최종적으로 312,032두를 통계분석하였으며 초산 분만간격(FCI) 기초통계량의 평균값과 표준편차는 384.43 ± 58.36 일로 분석하였다. 또한 환경효과의 요인에 대하여 분석하기 위해 BCS(Body Condition Score)와 초산월령(AFC), HYS(Herd-Year-Season)에 대해 분산분석을 실시하여 BCS, AFC, HYS에서 형질과 고도의 유의적 차이 ($p < 0.001$)가 발생했음을 확인했다.

초산 분만간격 형질에 대한 유전모수 추정에서는 유전력(h^2)이 0.175로 추정되어 다른 연구들과 유사하게 저도의 유전력을 나타내었고 초산 분만간격 추정육종가(EBV)에 대한 표현형가의 교차검증에서도 0.876로 분석되어 암소번식의 형질을 개량시스템에 적용할 경우 한우 암소의 분만간격 및 연관된 다른 분만형질의 개량량도 향상시킬 수 있다고 판단하였다.

요약

본 연구는 한우 암소의 분만형질인 초산 분만간격 형질에 대한 유전력을 분석하여 암소의 생산성을 향상시키고 농가에서 번식능력에 대한 개체의 선발과 도태 시 활용할 수 있는 기초자료로 제공하기 위해 실시되었다. 본 연구에 이용된 자료는 1997~2017년도에 태어난 암소 중 한국종축개량협회에서 선형심사를 받은 암소 311,981두의 초산 이후 2산차의 분만간격과 혈통자료를 수집하여 유전모수를 추정하였다. 자료의 기초통계 및 분산분석은 SAS Ver 9.1.3의 PROC GLM을 이용하였고, 유전능력평가를 위해 RenumF90(Misztal et al, 2007)을 사용하였다. 유전모수 추정을 위하여 AI-REML 알고리즘을 바탕으로 Fortran 기반에서 전산 프로그램한 REMLF90을 이용하였다. 분석결과 초산 분만간격(First calving interval, FCI) 기초통계량의 평균값과 표준편차는 384.43 ± 58.36 일로 분석되었으며, 초산월령(First calving age, FCA)에 대해 분만간격을 분석한 결과 초산 분만월령이 짧은 순은 18개월이하, 21개월, 22개월, 24개월령순으로 381.67 ± 64.63 일, 382.11 ± 57.14 일, 382.43 ± 55.73 일, 382.80 ± 56.33 일로 나타났으며 반대로 초산 분만월령이 긴 순은 30개월, 29개월, 28개월, 27개월령순으로 390.25 ± 63.90 일, 392.65 ± 64.71 일, 393.82 ± 64.88 일 및 394.17 ± 64.86 일로 분석되었다. 분만간격은 경기도가 352.71 ± 2.18 로 가장 짧았으며 다음으로는 강원도가 354.80 ± 1.97 일로 나타나는 순이었고 충청북도가 381.34 ± 55.32 일로 가장 짧았고 다음은 전라남도, 제주도, 경상북도로 각각 382.56 ± 58.63 일, 382.57 ± 55.51 일, 382.71 ± 56.95 일로 나타났다. 가장 초산 분만간격이 길었던 지역은 강원도로 387.04 ± 60.10 일이었으며 다음으로는 전라북도, 경상남도가 각각 385.81 ± 59.05 일, 385.11 ± 59.47 일로 타지역보다 길었다. 후대축성별(Offspring Sex)에 따른 분만간격의 기초통계에서는 female과 male의 생산에 따른 분만간격이 384.08 ± 58.35 일과 384.78 ± 58.37 로 매우 유사하게 통계량이 분석되어 초산 이후 2산차에 생산된 후대축의 성별에 따른 분만간격은 거의 동일하다고 판단되었다. 분만계절에 따른 초산 이후 2산차사이의 분만간격은 여름(summer)에 생산된 개체의 분만간격이 380.70 ± 63.19 일로 가장 짧았으며 다음은 봄(spring)과 가을(fall)이 각각 383.81 ± 53.30 일과 385.98 ± 65.75 일로 나타났다. 가장 늦은 분만간격을 보인 계절은 겨울(winter)로 389.83 ± 56.61 일을 나타냈다. 분산분석 결과는 초산 분만간격(FCI)이 BCS(Body Condition Score)와 초산월령(AFC), HYS(Herd-Year-Season)에 대해 고도의 유의적 차이 ($p < 0.001$)를 나타냈다. 유전력(h^2)은 0.175로 다른 연구들과 유사한 저도의 유전력을 나타내었다. 하지만 추정육종가에 대한 표현형가의 교차검증은 상관계수가 0.876으로 분석되어 암소 번식형질의 유전능력도 농가에서 활용할 수 있는 중요한 자료가 될 것으로 사료되었다.

검색어 : 한우, 번식형질, 초산 분만간격, 유전모수, 교차검증

REFERENCES

- 김봉한, 이상규, 김일화, 강현구. (2009). The Effect of Parity and Calving Seasons on the Reproductive Performance of Korean Native Cows. 한국수정란이식학회지. 24(20), 127-130
- 송철원. (2017). 한우 경제형질에 대한 유전 모수 추정 및 근친영향 평가 연구. 순천대학교. 박사학위논문.
- 한광진. 한우의 번식형질에 대한 환경요인의 효과. 한국축산학회지. (2002). 44(2), 191-200.
- 축산물품질평가원. 2019. 축산물등급판정 통계연보. 축산물품질평가원.
- Brzáková, M., Čítek, J., Svitáková, A., Veselá, Z., & Vostrý, L. (2020). Genetic parameters for age at first calving and first calving interval of beef

- cattle. *Animals*, 10(11), 2122.
- Cho, Jaesung, Changhee Do, and Inchul Choi. (2016). Reproductive Performance of Korean Native Cattle (Hanwoo) Focusing on Calving Interval and Parity. *Journal of Animal Reproduction and Biotechnology* 31(3), 273–79.
- Goyache, F., Gutierrez, J. P., Dunner, S., & Ca on, J. (1995). Influence of the main environmental effects on calving interval in the Asturiana de los Valles beef cattle breed. *ARCHIVOS DE ZOOTECNIA*, 44, 317-334.
- Goyache, F., and J. P. Gutierrez. (2001). Heritability of Reproductive Traits in Asturiana de Los Valles Beef Cattle Breed. *Archives Animal Breeding*, 44(5), 489–96.
- Gutiérrez, J. P., Álvarez, I., Fernández, I., Royo, L. J., Díez, J., & Goyache, F. (2002). Genetic relationships between calving date, calving interval, age at first calving and type traits in beef cattle. *Livestock Production Science*, 78(3), 215-222.
- Henderson, C.R. 1976. A simple method for computing the inverse of a numerator relationship matrix used in prediction of breeding values. *Biometrics*, 32, 69-83.
- Lopez, Bryan Irvine, Ju Hwan Son, Kangseok Seo, and Dajeong Lim. (2019). Estimation of Genetic Parameters for Reproductive Traits in Hanwoo (Korean Cattle). *Animals*, 9(10), 1–7.
- Misztal, I., Tsuruta, S., Strabel, T., Auvray, B., & Druet, T. (2007). BLUPF90 family of programs. University of Georgia.
- Sato K, and Fujita T. (2010). Elucidation of genes involved in the conception rates of cows decrease. *B Oita Pref Anim Ind Exp Sta*, 39, 17-19.