

ANIMAL

# Estimation of the genetic parameters of 24- and 30-month carcass traits for sire selection

Dae Jung Kim<sup>1,†</sup>, Hyung Jun Song<sup>2,†</sup>, Seok Hyun Lee<sup>2,†</sup>, Jung Jae Lee<sup>3,†</sup>, Shil Jin<sup>4</sup>, Sang Rae Cho<sup>4</sup>, Sung Sik Kang<sup>4</sup>, Jeong Il Won<sup>4,†,\*</sup>

<sup>1</sup>Hanwoo Improvement Center, NHABGROUP, Seosan 31948, Korea

<sup>2</sup>Dairy Cattle Improvement Center, NHABGROUP, Goyang 10292, Korea

<sup>3</sup>Department of Animal Science and Technology, College of Biotechnology and Natural Resources, Chung-Ang University, Anseong 17546, Korea

<sup>4</sup>Hanwoo Research Institute, National Institute of Animal Science, RDA, Pyeongchang 25340, Korea

<sup>†</sup>These authors equally contributed to this study as first author.

\*Corresponding author: won51@korea.kr

## Abstract

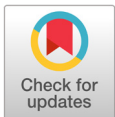
This study investigated the possibility of performing selection using 30-month carcass traits by estimating the genetic parameters of 24- and 30-month carcass traits. Data used in this study were the carcass traits of 13,151 heads slaughter at the age of 24 and 30 months. As a result of the study, the heritability of backfat thickness, carcass weight, eye muscle area and marbling score at 24 months of age were estimated to be 0.588, 0.354, 0.467 and 0.587, respectively. The heritability of backfat thickness, carcass weight, eye muscle area and marbling score at 30 months of age were estimated to be 0.498, 0.577, 0.505 and 0.530, respectively. The ranking correlation was 0.516 between the carcass selection indices of 24 and 30 months of age. By providing a 30-month selection index, it is possible to use semen suitable for farm profits, and more semen information can be provided to farms than previously. Furthermore, studies on a selection index based on 30-month carcass traits are needed to provide highly accurate information.

**Keywords:** carcass traits, genetic parameters, Hanwoo, slaughter age

## Introduction

한우 산업의 성장을 위한 육종목표 설정과 개량사업은 1980년대 당, 후대 검정에 의한 씨수소 선발을 통해 시작하게 되었으며, 선발을 위한 주요 형질로 도체형질의 육량 및 육질에 중점을 두고 지속적인 개량의 성과를 나타내고 있다. 또한, 최근 축산선진국과의 FTA (Free Trade Agreement) 체결을 통해 들어오는 수입산 쇠고기로부터 국내 농가의 안정적인 수익창출과 경쟁력확보를 위해 한우의 개량은 필수적으로 고려 및 연구가 이루어져야 한다.

한우 농가의 안정적인 수익창출은 농가 수익성을 나타내는 한우가격으로 표현되어질 수 있으며, 이러한 한우가격은 축산물품질평가원(Korea Institute for Animal Products Quality



OPEN ACCESS

**Citation:** Kim DJ, Song HJ, Lee SH, Lee JJ, Jin S, Cho SR, Kang SS, Won JI. Estimation of the genetic parameters of 24- and 30-month carcass traits for sire selection. Korean Journal of Agricultural Science 48:527-534. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20210042>

**Received:** April 23, 2021

**Revised:** June 21, 2021

**Accepted:** July 09, 2021

**Copyright:** © 2021 Korean Journal of Agricultural Science



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.

Evaluation)에 의해 평가되는 도체중 및 근내지방도 성적에 의한 기여도가 가장 큰 것으로 조사되었다(Lee et al., 2011; Sun et al., 2012; Kong et al., 2016; Kim et al., 2017; Kang et al., 2019). 또한, 한우 농가 수익의 극대화를 위해 최적의 도축시기와 도체형질 변화를 연구하고자 초음파 측정기와 성장곡선 추정을 통해 도체형질의 월령에 따른 변화를 추정하였다(Lee et al., 2008; 2014; Jeon et al., 2018). 초음파 정보를 활용한 도체형질 변화는 24개월령과 30개월령 사이에 근내지방도, 등심단면적 및 등지방 두께가 변화하는 것으로 보고했으며, Cho et al. (2009)은 비육기간의 증가는 고기 속 지방 함유 증가에 따른 근내지방도가 상승되는 반면, 고기의 질긴 정도를 나타내는 전 단력의 수치가 감소하는 것으로 보고하였다.

따라서, 본 연구는 24, 30개월령의 도체형질에 대한 유전모수 추정과 보증씨수소 선발을 위한 선발지수에 적용함으로써 한우농가의 도축시점과 가까운 30개월령 도체형질의 유전능력평가 활용 가능성에 대한 연구를 수행하였다.

## Materials and Methods

### 공시재료

본 연구에 이용된 자료는 2003년부터 2017년 사이에 태어나고, 24개월령에 도축 되어진 5,430두 및 2005년부터 2018년 사이에 태어나고, 30개월령에 도축 되어진 7,721두의 농협중앙회 한우개량사업소 자료를 이용하였다(Fig. 1). 또한, 분석에 이용되어진 개체, 부모 및 혈통 정보는 Table 1에 나타났다. 또한, 24, 30개월령 등지방 두께(BFT, backfat thickness), 도체중(CWT, carcass weight), 등심단면적(EMA, eye muscle area) 및 근내지방도(MS, marbling score) 4개 도체 형질을 분석에 이용하였으며, 각 도체형질의 측정 방법은 Table 2에 나타났다.

**Table 1.** Data information used in study.

Inbreeding coefficient	24 months		30 months	
	N	%	N	%
0	19,685	78.18	17,886	71.87
0 - 6.25	5,290	21.01	6,793	27.30
6.25 - 12.50	130	0.52	145	0.58
12.50 - 18.75	15	0.06	18	0.07
18.75 - 25.00	54	0.21	43	0.17
25.00 ≤	5	0.02	1	0.00
Average Inb %	0.350		0.386	
Num. of animal	5,430		7,721	
Num. of sire	638		554	
Num. of dam	5,210		5,862	
Unknown parent	4		727	

N, number of animal; Inb, inbreeding coefficient; Num, number.

**Table 2.** Descriptions of the measurements, scores analyzed in the study (Do et al., 2016).

Carcass traits	Description	Attribute	Unit, scale
Backfat thickness	The left side of each carcass was cut between the last rib and the first lumbar vertebrae and measured for eye muscle area and backfat thickness	Measurements	mm
Eye muscle area		Measurements	cm <sup>2</sup>
Carcass weight	Cold carcass weight after 24 h-chill period	Measurements	kg
Marbling score	Devoid to abundant	Evaluated score	1 to 9

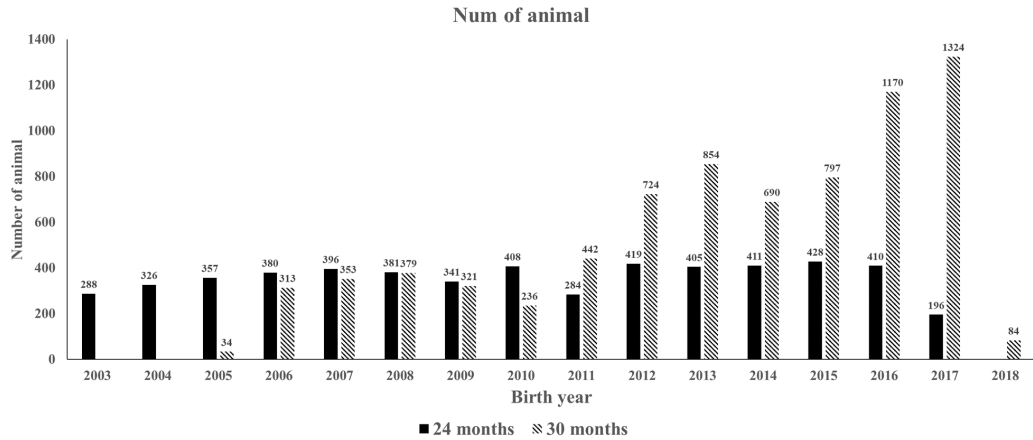


Fig. 1. Number of animal by birth year.

### 통계분석

24, 30개월령 도체형질에 영향을 미치는 환경요인으로 출생 년도-계절의 동기우군(contemporary group) 및 도축일령을 공변이로 설정하였다. SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)에서 제공되는 GLM (generalized linear model) procedure를 이용하여 형질에 대한 분산분석을 실시하였으며, 고려 된 환경요인은 24, 30개월령 도체형질에 유의성을 나타내는 것으로 나타났다. 따라서, 24, 30개월령 도체형질 유전모수(genetic parameters) 추정을 위한 통계 모형은 다음과 같다.

$$y = \mu + YS_i + Cov.(sage) + a_i + e_i \tag{1}$$

여기서, y는 24, 30개월령 도체형질에 대한 관측치,  $\mu$ 는 전체 평균,  $YS_i$ 는 i번째 출생년도-계절 효과(fixed effect),  $Cov.(sage)$ 는 도축일령에 대한 공변이(covariate),  $a_i$ 는 개체에 대한 임의 효과,  $e_i$ 는 임의 오차 효과이다.

분석에 이용된 행렬 방정식의 표기는 다음과 같다.

$$y = Xb + Zu + e \tag{2}$$

여기서, y는 24, 30개월령 도축자료에 대한 관측치 벡터, b와 u는 각각 고정효과와 임의효과에 대한 추정치 벡터, X와 Z는 b와 u에 대한 계수 행렬, e는 잔차에 대한 벡터이며, 행렬 방정식의 혼합모형식(MME, mixed model equation)은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} XR^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + A^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix} \tag{3}$$

여기서, A, R은 u와 e의 분산-공분산 행렬,  $\hat{\beta}$ 와  $\hat{u}$ 은  $\beta$ 와 u의 best linear unbiased estimates와 prediction이다.

유전 모수 추정을 위한 분석은 EM-REML 알고리즘 기반의 BLUPF90 Family (Misztal et al., 2002)의 REMLF90을 이용하여 추정하였으며, 수렴척도(convergence criteria)는 오차분산이  $10^{-12}$  이하로 수렴될 때까지 반복 추정하였다.

## Results and Discussion

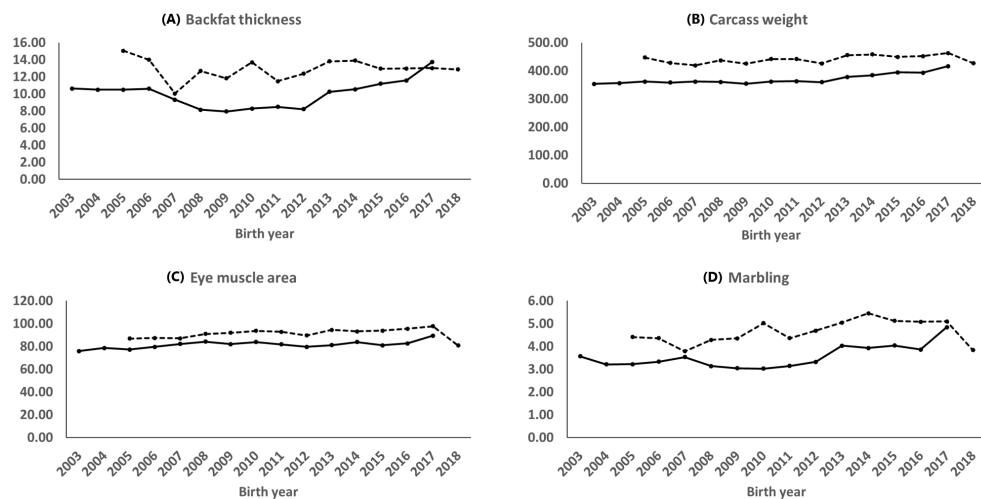
### 24, 30개월령 도체형질 일반성적

국내 한우 수소 집단의 주요 경제형질에 대한 평균 및 표준편차를 Table 3에 나타냈다. 24개월령 도체 형질의 형질별 평균은 등지방두께, 도체중, 등심단면적 및 근내지방도가 각각  $9.89 \pm 3.97$ ,  $369.76 \pm 42.85$ ,  $81.40 \pm 8.99$  및  $3.53 \pm 1.64$ 를 나타냈다. Lee et al. (2016)의 24개월령 도체형질에 대한 연구에서 등지방두께, 도체중, 등심단면적 및 근내지방도를 각각  $8.60 \pm 3.74$ ,  $340.98 \pm 45.42$ ,  $78.72 \pm 9.20$  및  $3.25 \pm 1.60$ 으로 보고하였으며, 이는 본 연구에 비해 낮은 수치를 나타냈다. 30개월령 도체형질의 경우  $12.89 \pm 4.85$ ,  $446.59 \pm 49.66$ ,  $93.33 \pm 11.40$  및  $4.86 \pm 1.88$ 로 24개월령 도체형질에 비해 상승된 결과를 나타냈다. 근내지방도의 경우 장기비육을 통한 지방 함유의 증대에 따라 상승된 것으로 사료된다(Cho et al., 2009). Bhuiyan et al. (2017)은 30개월령 거세우의 등지방두께, 도체중, 등심단면적 및 근내도를 각각  $13.00 \pm 5.14$ ,  $428.20 \pm 46.30$ ,  $87.38 \pm 8.54$  및  $5.21 \pm 1.56$ 으로 보고하였으며, Roh et al. (2010)이 당대검정 종료 후 후보씨수소 선발에서 탈락 후 12개월령에 거세 후 30개월령까지 비육한 개체에 대한 도체형질의 연구에서 30개월령 등지방두께, 도체중, 등심단면적 및 근내지방도를 각각  $14.07 \pm 5.52$ ,  $440.48 \pm 39.25$ ,  $88.7 \pm 9.95$  및  $4.21 \pm 1.79$ 으로 보고하였다. 기존 연구에 비해 24, 30개월령이 높게 나타난 것은 보증 씨수소 선발을 위한 선발지수에 24개월령 도체형질이 포함되어져 있고, 이를 활용한 한우 개량이 지속적으로 진행되었기 때문에 본 연구의 더 높은 표현형 성적을 나타내는 것으로 사료된다(Fig. 2). 또한, 24, 30개월령 도체형질의 차이는 한우 암소 초음파 측정을 통한 도체형질의 성장곡선 추정 결과 24, 30개월령 시점에 지속적인 성장을 하는 결과와 일치하는 것으로 나타났다(Lee et al., 2008; Lee et al., 2014; Jeon et al., 2018).

**Table 3.** Summary statistics for carcass traits for 24, 30 months Hanwoo.

Traits	24 months				30 months			
	BFT	CWT	EMA	MS	BFT	CWT	EMA	MS
Mean	9.89	369.76	81.40	3.53	12.89	446.59	93.33	4.86
Std	3.97	42.85	8.99	1.64	4.85	49.66	11.40	1.88
Min	1.00	160.00	41.00	1.00	1.00	201.00	45.00	1.00
Max	35.00	562.00	130.00	9.00	47.00	650.00	154.00	9.00

BFT, backfat thickness; CWT, carcass weight; EMA, eye muscle area; MS, marbling score; Std, standard deviation; Min, minimum; Max, maximum.



**Fig. 2.** Statistics by birth year (supplement) (line = 20 month, spot = 30 month). (A) Backfat thickness. (B) Carcass weight. (C) Eye muscle area. (D) Marbling.

## 유전모수 추정

본 연구에서 24, 30개월령 도체형질을 이용한 표현형 상관, 유전상관 및 유전력은 Table 4에 나타냈다. 24개월령 도체형질인 등지방 두께, 도체중, 등심단면적 그리고 근내지방도에 대한 유전력은 0.588, 0.354, 0.467 및 0.587로 추정되었으며, 30개월령 도체형질인 등지방 두께, 도체중, 등심단면적 및 근내지방도에 대한 유전력은 0.498, 0.577, 0.505 및 0.530으로 추정되었다. Roh et al. (2010) 및 Roh et al. (2017)은 24개월령 당대 및 후대 검정우를 대상으로 등지방 두께에 대한 유전력을 0.44 - 0.51, 도체중에 대한 유전력을 0.33 - 0.37, 등심단면적에 대한 유전력은 0.40 - 0.51 및 근내지방도에 대한 유전력은 0.52 - 0.57로 보고하였으며, 이는 본 연구결과와 유사한 경향을 나타냈다. Do et al. (2016)은 한우 암소, 수소 및 거세우에 대한 등지방두께, 도체중, 등심단면적 및 근내지방도에 대한 유전력을 0.20, 0.28, 0.23 및 0.28로 보고하였으며, Sun et al. (2012)은 경남지역에서 사육되어진 한우를 대상으로 등지방 두께, 도체중, 등심단면적 및 근내지방도에 대한 유전력을 0.33, 0.39, 0.30 및 0.62로 보고하였다. 또한, Son et al. (2020)은 전국 한우농가의 거세우를 대상으로 등지방 두께, 도체중, 등심단면적 및 근내지방도에 대한 유전력을 각각 0.35, 0.28, 0.28 및 0.48로 본 연구에 비해 낮게 추정되었는데, 이는 일반농가에서 사육되어지는 한우는 사육환경에 대한 영향을 많이 받는 반면, 본 연구의 자료는 환경적 요인을 최대한 줄이기 위해 제한적인 환경 및 동일한 조건에 사육되기 때문에 차이가 발생한 것으로 사료된다.

**Table 4.** Genetic parameters for carcass traits (24, 30 months).

Traits	24 months				30 months			
	BFT	CWT	EMA	MS	BFT	CWT	EMA	MS
BFT	<b>0.588</b>	0.396	0.064	0.181	<b>0.498</b>	0.357	0.060	0.196
CWT	0.197	<b>0.354</b>	0.562	0.236	0.273	<b>0.577</b>	0.551	0.254
EMA	-0.211	0.540	<b>0.467</b>	0.253	-0.092	0.578	<b>0.505</b>	0.353
MS	0.049	0.269	0.413	<b>0.587</b>	0.012	0.176	0.413	<b>0.530</b>

Upper diagonal = phenotype correlation, below diagonal = genetic correlation, diagonal = heritability (bold type font).

BFT, backfat thickness; CWT, carcass weight; EMA, eye muscle area; MS, marbling score.

도체중과 등심단면적의 유전상관은 24개월령에서 0.540, 30개월령에서 0.578의 유전상관을 나타냈으며, 반면 등지방 두께와 등심단면적의 유전상관은 24개월령과 30개월령에서 각각 -0.211, -0.092로 부의 상관을 나타냈다. 한우가격 결정에 있어 중요 요인으로 보고된 도체중 및 근내지방도(Kim et al., 2017)의 유전상관은 24개월령에서 0.269, 30개월령에서 0.176의 유전상관과 24, 30개월령에서 각각 0.236, 0.254의 표현형 상관을 나타냈다.

Roh et al. (2017)은 수소 정보를 활용한 도체중과 등심단면적, 근내지방도 및 등지방두께와 유전상관은 각 0.64, 0.36 및 0.12으로 보고하였으며, Hwang et al. (2008)은 거세우의 정보를 활용한 도체중 및 등심단면적, 근내지방도 및 등지방두께의 유전상관은 경우 0.63, 0.06 및 0.17로 보고하였으며, Lee et al. (2020)은 강원 지역 암소에 대한 도체중 및 등심단면적, 근내지방도 및 등지방두께의 유전상관을 각 0.59, 0.11 및 0.32로 보고하였다.

## 순위 상관

현재 국가 단위 씨수소 선발을 위해 24개월령 도체형질 육종가의 선발지수(selection index, 도체중 표준화육종가 + 등심단면적 표준화육종가 - 등지방두께 표준화육종가 + [6 × 근내지방도 표준화육종가])에 따라 계산이 되고, 이는 농가에서 사용될 정액의 선택 기준이 되고 있다. 하지만, 농가 수익의 극대화를 위해 씨수소가 선발지수가 상위에 포함되거나 근내지방도 능력이 우수한 개체를 선호하기 때문에 한우 정액 쏠림 현상이 발생하고 있다. 이에

대한 문제점을 보완하기 위해 본 연구에서는 30개월령 도체형질 선발지수의 정보를 제공함으로써 농가의 선택폭 향상과 농가 수익 구조에 적합한 한우 정액 선택이 가능하도록 24, 30개월령 도체형질 선발지수에 대한 순위상관 (ranking correlation)을 Fig. 3에 나타냈다. 24, 30개월령 선발지수의 순위상관은 0.516을 나타냈다. 또한, 각 24, 30개월 각 도체형질의 순위 상관은 0.53 - 0.55를 나타냈다. 따라서, 현재 한우 거세우 도체월령이 평균 30.3 월령인 것으로 미루어 볼 때(KAPE, 2020), 30개월령 도체형질의 자료를 활용한 육종가 추정, 선발지수 적용, 보증씨수소 선발 및 정액 공급은 실제 한우 농가 출하 시기와 일치하는 정보에 기반하기 때문에 한우 농가 생산성 및 정확도 향상에 도움이 될 것으로 사료된다. 또한, 기존의 선발지수의 계산을 위해 24개월령 도체형질이 활용되었기 때문에, 다양성과 정확도를 위해 30개월령 도체형질을 활용한 선발지수 설정이 필요할 것으로 사료된다.

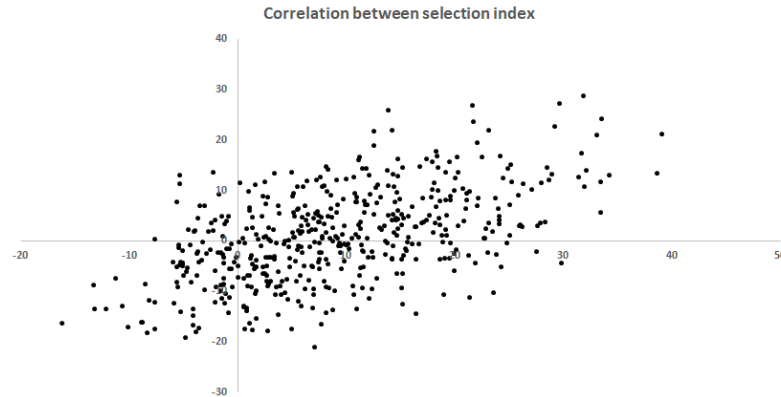


Fig. 3. Correlation between selection index (24, 30 months).

## Conclusion

한우 30개월령 도체형질 정보를 활용한 선발과 정액공급은 현재 한우 사양 농가에 정액 선정 다양성 및 수익 창출 구조 상황에 부합하는 정보제공을 통해 수익성 향상에 기여될 수 있을 것으로 사료된다. 추후, 해당 형질의 높은 선발 정확도를 위해 다양한 genotyping platform (Illumina, Affymetrix etc..)을 통해 수집되는 유전체 정보(genomic information)의 활용은 도체형질에 영향을 미치는 QTL (quantitative trait locus)의 발굴, 기존의 QTL 영역으로 고려되는 위치에 대한 정보 수정 및 기존 genotyping platform에 QTL의 추가를 통한 평가는 유전체 육종가(genomic-enhanced EBVs)의 정확도 및 유전적 개량량 상승에 크게 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

## Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## Acknowledgements

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: ICT 활용 한우 사료이용성 형질 개량을 위한 빅데이터 수집 및 유전특성 구명 연구, 세부과제번호: PJ01432101)에 의해 수행되었습니다.



## Authors Information

Dae Jung Kim, <https://orcid.org/0000-0002-8477-8842>

Hyung Jun Song, <https://orcid.org/0000-0003-1691-2234>

Seok Hyun Lee, <https://orcid.org/0000-0002-8202-4676>

Jung Jae Lee, <https://orcid.org/0000-0002-6145-8862>

Shil Jin, <https://orcid.org/0000-0003-1120-3631>

Sang Rae Cho, <https://orcid.org/0000-0003-0209-6248>

Sung Sik Kang, <https://orcid.org/0000-0002-9453-5377>

Jeong Il Won, <https://orcid.org/0000-0003-3151-7144>

## References

- Bhuiyan MSA, Kim HJ, Lee DH, Lee SH, Cho SH, Yang BS, Kim SD, Lee SH. 2017. Genetic parameters of carcass and meat quality traits in different muscles (*longissimus dorsi* and *semimembranosus*) of Hanwoo (Korean cattle). *Journal of Animal Science* 95:3359-3369.
- Cho WM, Chang SS, Cho YM, Kim HC, Kwon EG, Yang SH, Paek BH. 2009. Effects of forage source and shipping time on growth performance and carcass characteristics of Hanwoo steers. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* 29:375-382. [in Korean]
- Do CH, Park BH, Kim SD, Choi TJ, Yang BS, Park SB, Song HJ. 2016. Genetic parameter estimates of carcass traits under national scale breeding scheme for beef cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 29:1083-1094.
- Hwang JM, Kim SD, Choy YH, Yoon HB, Park CJ. 2008. Genetic parameter estimation of carcass traits of Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology* 50:613-620. [in Korean]
- Jeon CM, Kim SJ, Lee DH. 2018. Estimation of standard growth curves and genetic parameters for carcass traits using ultrasonic measurements in Hanwoo cows. *Journal of Agriculture & Life Science* 52:73-80. [in Korean]
- Kang TH, Cho SK, Seo JK, Kim MH, Kim BW. 2019. Contribution analysis of carcass traits and seasonal effect on auction price for Hanwoo steers. *Korean Journal of Agricultural Science* 46:461-469. [in Korean]
- KAPE (Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation). 2020. Animal products grading statistical yearbook. KAPE, Sejong, Korea. [in Korean]
- Kim HK, Sun DW, Lim HT, Kong IK, Lee JG. 2017. Trend on contribution of carcass trait influencing price in Hanwoo steer. *Journal of Agriculture & Life Science* 51:119-25. [in Korean]
- Kong JS, Choi TJ, Kim JI, Lee KH, Noh JK, Ha YN, Cha DH, Cho CI, Koo YM. 2016. The analysis of the carcass traits contribution for Hanwoo genetic evaluation. *Journal of Agriculture & Life Science* 50:83-89. [in Korean]
- Lee CW, Choi JW, Shin HJ, Kim JB. 2020. Genetic prediction of hanwoo carcass traits in Kangwon regional Hanwoo cow test farms. *Annals of Animal Resource Sciences* 31:1-12. [in Korean]
- Lee DH, Lee GH, Cho CI, Kim NS. 2008. Effects of body condition score and estimation of growth curves for chest girth and ultra sonic longissimus muscle area, backfat thickness and marbling scores in Hanwoo (Korean cattle) cows. *Journal of Animal Science and Technology* 50:581-590. [in Korean]
- Lee JG, Choi TJ, Choy YH, Kim SD, Alam M, Choo HJ, Cho CI, Roh SH, Park BH. 2016. A study on genetic parameters of primal cuts and carcass traits in Hanwoo. *Journal of Agriculture & Life Science* 50:179-192. [in Korean]
- Lee JH, Oh SH, Lee YM, Kim YS, Son HJ, Jeong DJ, Whitley NC, Kim JJ. 2014. Study on growth curves of *longissimus dorsi* muscle area, backfat thickness and body conformation for Hanwoo (Korean native) cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 27:1250-1253.

- Lee JJ, Choi SD, Dang CG, Kang SN, Kim NS. 2011. The effect of carcass traits on economic values in Hanwoo. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 31:603-608. [in Korean]
- Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, Auvray B, Druet T, Lee DH. 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). *Proceeding 7th World Congress Genetics Applied Livestock Production, Montpellier, France Communication* 28:743-744.
- Roh SH, Kim CY, Won YS, Park CJ, Lee SS, Lee JG. 2010. Studies on genetic parameter estimation and sire selection to ultrasound measurement traits of Hanwoo. *Journal of Animal Science and Technology* 5:1-8. [in Korean]
- Roh SH, Kim JW, Lee SS, Lee EJ, Park BH, Choi TJ, Park MN, Lee JG. 2017. Estimates of genetic parameter for carcass traits and chemical composition analysis in Hanwoo. *Journal of Agriculture & Life Science* 51:111-119. [in Korean]
- Son JH, Koo YM, Jeoung YH, Cha DH, Kim SJ, Choi TJ, Park MN, Lee DH, Lee JH. 2020. Estimation of genetic parameters on carcass traits for estimated breeding value in Hanwoo cow. *Journal of Agriculture & Life Science* 54:73-80. [in Korean]
- Sun DW, Kim BW, Park JC, Lee JG. 2012. Effect of carcass traits on auction price in Hanwoo. *Journal of Animal Science and Technology* 54:77-82. [in Korean]