

ANIMAL

Analysis of environment effects on the carcass traits Hanwoo cows using ultrasonic measurement

Tae-Jeong Choi, Sang-Jae Lee, Jong-Eun Park, Dajeong Lim, Yong-Min Cho, Byoung-ho Park*

National Institute of Animal Science, RDA, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: bhpark70@korea.kr

Abstract

Hanwoo is an important livestock resource in Korea. Its genetic improvements of economic traits have mainly focused on the steers in the past. However, there is a great necessity to extend the breed improvement programs to the cows as well. Therefore, the objective of this study was to investigate the effects of various environmental factors (person taking the measurement, region, year of measurement, month of measurement, image interpreter, birth-year and birth-month) on ultrasound measured carcass traits. A total of 27,215 ultrasound measurements of carcass traits were recorded between 2004 and 2012 for 22,620 cows born from 1997 to 2011. The ultrasound measures included backfat thickness (BFT), eye muscle area (EMA), and marbling score (MAR). The mean values for the BFT, EMA and MAR were 4.46 mm, 56.24 cm², and 4.12 point, respectively. Seven environmental factors, person taking the measurement, region, year of measurement, month of measurement, image interpreter, birth-year and birth-month, were tested to determine if they had a significant effect on the studied traits using the GLM procedure in SAS. All factors were found to significantly affect all the ultrasound carcass traits in this study. Unlike in previous studies, among the environmental effects, the significant effect of the image interpreter on the ultrasound carcass traits was shown for the first time in this study. These results indicate that future genetic evaluations of ultrasound carcass traits of Hanwoo cows should include all of the above environmental factors as well as the effect from people taking the measurements.

Keywords: environment effect, carcass trait, ultrasonic measurement, Hanwoo cows



OPEN ACCESS

Citation: Choi TJ, Lee SJ, Park JE, Lim D, Cho YM, Park B. 2018. Analysis of environment effects on the carcass traits Hanwoo cows using ultrasonic measurement. Korean Journal of Agricultural Science 45:66-73.

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20180014>

Editor: Jung Min Heo, Chungnam National University, Korea

Received: August 1, 2017

Revised: March 6, 2018

Accepted: March 9, 2018

Copyright: © 2018 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.

Introduction

한우는 우리민족 고유의 가장 중요한 가축 유전자원으로 오래전부터 자리매김하여 왔고 과거로부터 주로 농업분야의 역용종으로 활발히 이용되어 왔다. 한우가 육용우로 활발히 이용되기 시작한 것은 1960년대부터이며, 특히, 1995년부터 육종가를 추정하여 이를 근거로 씨수소를 선발하기 시작하였다. 매년 근내지방도, 등심단면적 및 등지방두께 등 주로 도체형질의 육종가가 우수한 개체를 보증씨수소로 선발하고, 보증씨수소의 정액을 농가에 보급함으로써 개량을 추진하고 있다. 이러한 한우개량 사업은 한우의 비약적인 체중증가와 근내지방 향상을 통한 육질개선을 이루어왔다.

그러나 한우의 도체형질 개량은 자손의 도체 성적을 기반으로 씨수소의 유전능력을 추정하는 후대검정 시스템을 적용하고 있는데, 이러한 후대검정은 정확한 유전능력 평가 결과를 얻기까지 많은 시간이 소요되는 단점이 있다. 아울러 그동안 한우개량사업이 씨수소 중심으로 수행되어 최근 생산성 향상 속도가 둔화되고 있다는 지적과 함께 검정형질이 근내지방도 등 도체형질에 제한되어 소비자의 다양한 품질 및 맛에 대한 요구를 반영하지 못하고 있다는 지적이 제기되고 있다(Moon et al., 2007). 또한, 이를 보완하기 위한 암소개량에는 후대검정에 많은 시간과 비용이 드는 등 상당한 제한이 따르고 있으며 이를 해결하기 위해서는 초음파 측정기술, 유전체 분석기술 등이 연구되고 있다(Song et al., 2002; Santana et al., 2015).

특히, 초음파는 도축을 실시하지 않고 실시간으로 개체의 육량 및 육질을 측정할 수 있는 기술이라고 보고되고 있으며(Brethour, 2000; Ludwig, 1950; Howry and Bliss, 1952), 우리나라에서는 가축에서 초음파 활용은 질병, 임신 진단 및 생체단면에서 개체의 도체형질을 간접 예측하는데 활용되고 있다(Noh et al., 2010; Park et al., 2012; Yang et al., 1999; Hwang et al., 1997). 한우에서의 초음파 측정자료는 수소와 거세우의 경우 출하시기 결정, 암소는 농가 단위 개체 선발 및 도태를 목적으로 유전평가의 기초로 활용되고 있다.

한우 암소의 경우 30개월령 전후로 도축되는 수소나 거세우와 다르게 개체의 나이 분포가 다양하게 존재한다. 한우의 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께는 나이에 따라 성장하는 성장곡선 패턴을 보인다고 보고됨(Lee et al., 2008)에 따라 다양한 나이 분포에서 수집된 자료에 대한 분석을 위한 통계 보정 방법이 필요하다. 또한 초음파 자료는 측정지역, 측정자, 판독자 등 다양한 요인에 의해 영향을 받을 것으로 예상됨에 따라 이들 환경요인에 대한 유효성 분석이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 한우 암소에서 초음파 정보를 활용하여 유전모수를 추정하는 다수의 사전 연구가 존재하였지만(Park et al., 2012; Choy et al., 2011; Lee et al., 2014), 다양한 환경요인에 대해 최적의 유전분석 모형을 찾는 연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 한우 암소의 초음파 도체형질을 평가하기 위한 유전분석 모형에 고려되어야 할 환경요인을 구명하고자 한다. 관련하여, 전국에서 수집된 한우 암소의 초음파 도체 정보를 이용하여 집단의 표현형 분석 및 환경요인 분석을 통하여, 한우 암소의 개량을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

Materials and Methods

분석 자료

본 연구는 1997년부터 2011년까지 출생한 전국 한우 암소 22,620두의 27,215건에 대한 등지방 두께, 등심 단면적, 근내지방도를 생체 초음파 측정된 자료를 바탕으로 환경 효과 분석 수행하였다. 본 연구에 사용된 데이터는 등지방두께의 로그 변환 초과값(3표준편차 초과)과 근내지방도 로그 변환 초과값(3표준편차 초과)을 이상치(outlier)로 간주하여 제거한 후 최종 27,215건에 대한 자료를 대상으로 하였다. 대상 자료에 대한 출생 연도별 초음파 측정 두수를 분석한 결과 2002년부터 2008년까지 출생한 개체가 20,656두(전체의 76%)로 가장 많은 빈도를 보였다(Table 1).

도체 형질에 대한 초음파 측정은 2004년부터 2012년까지 24개 지역 21명의 측정자로부터 생후 15개월령 이상의 개체를 대상으로 실시하였고, 초음파기는 Real-time B-mode (주파수 3.5 MHz, 18 cm linear prone) 방식의 기기를 이용하였다. 초음파 측정은 현행 도체등급 판정과 동일하게 소의 좌측 복부의 제 13 흉추와 제 1 요추 사이를 등선에서 배 부위까지 직각으로 수행하였다. 초음파 화상 판독은 전문 판독자에 의해 이루어 졌다. 근내지방의 경우 육안으로 소 도체 등급제의 육질등급과 동일한 기준으로 근내지방도가 가장 낮은 1등급에서 가장 높은 9등급 분류하였으며, 각 등급별로 상, 중, 하의 세 가지 등급으로 나누어 모두 27등급으로 구분하여 측정하였다. 등지방두께와 등심단면적은 컴퓨터에서 제공된 프로그램으로 측정하였다. 초음파 측정 도체형질에 대한 평가는 축산물품질평가원의 소 도체등급 판정기준에 의거하여 조사하였다.

Table 1. Frequency of ultrasonic measurements by birth year in Hanwoo cow.

Birth year	Frequency	
	^a N	%
1997	3	0.01
1998	166	0.61
1999	670	2.46
2000	1,335	4.91
2001	1,925	7.07
2002	3,104	11.41
2003	3,354	12.32
2004	3,122	11.47
2005	2,988	10.98
2006	2,701	9.92
2007	2,886	10.60
2008	2,501	9.19
2009	1,251	4.60
2010	1,099	4.04
2011	110	0.40
Total	27,215	100.00

^aN is the number of heads.

통계분석 방법

환경요인의 유의성 검정

표현형에 대한 분포특성을 확인하기 위하여 형질별 평균, 분산, 표준편차를 계산하였으며 주요 환경요인별 표현형 특성을 파악하기 위하여, 지역별, 개체의 출생연도별, 초음파 측정연도별 표현형의 빈도에 대한 기초 통계량을 산출하였다.

표현형에 대하여 측정자, 지역, 측정연도, 측정월, 판독자, 출생연도 및 출생월의 7 가지 환경요인과 등지방두께, 등심단면적, 근내지방도의 3가지 초음파 도체 형질간의 다변량 일반선형모형(multivariate general linear model)을 통하여 환경요인의 유의성 검정을 수행하였다. 분석에 사용된 선형모형은 다음과 같으며, 환경요인의 분석에는 SAS 통계프로그램(package ver 9.2., SAS Institute, Inc, Cary, USA)의 GLM procedure을 이용하여 관측치별로 표현형에 영향을 미치는 환경요인에 대해 분산분석을 실시하였다.

분석에 사용된 모형은 다음과 같다.

$$Y_{ijklmno} = \mu + Mper_i + Loc_j + MYear_k + MMonth_l + Rper_m + BYear_n + BMonth_o + e_{ijklmno} \quad (1)$$

여기서, $Y_{ijklmno}$ = 개별 관측치

μ = 집단 평균

$Mper_i$ = i 번째 측정자의 고정효과

Loc_j = j 번째 지역의 고정효과

$MYear_k$ = k 번째 측정연도의 고정효과

$MMonth_l$ = l 번째 측정월의 고정효과

$Rper_m$ = m 판독자의 고정효과
 $BYear_n$ = n번째 개체의 출생년도의 고정효과
 $BMonth_o$ = o번째 개체의 출생월의 고정효과
 $e_{ijklmno}$ = 임의 오차

Results and Discussion

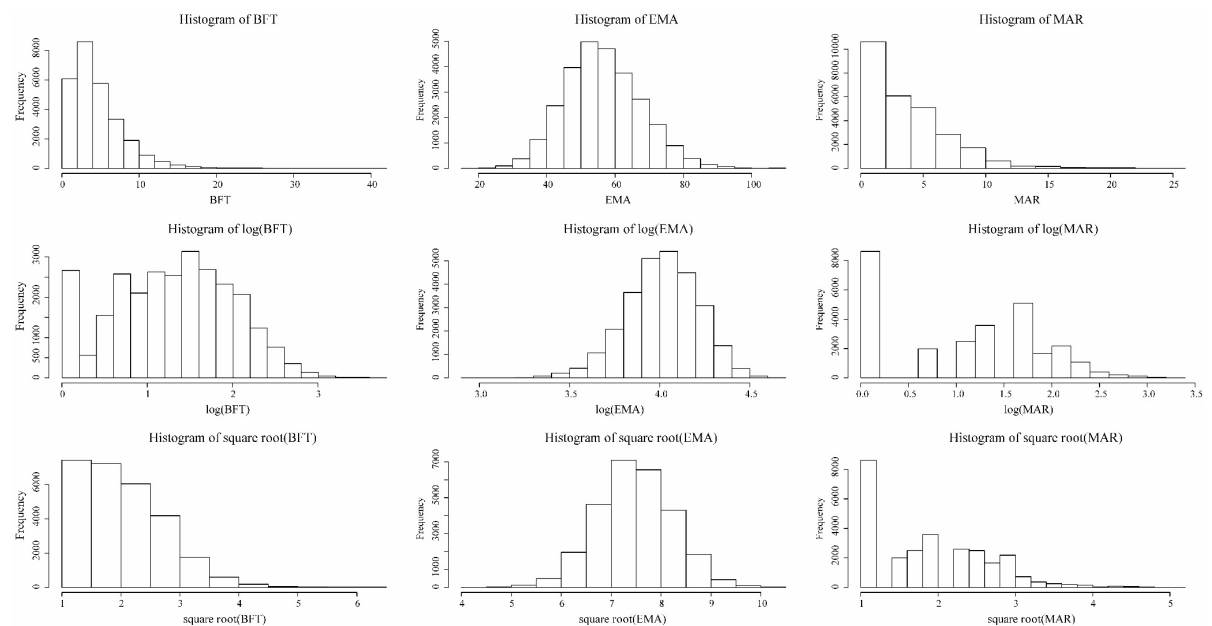
일반능력

본 연구에 사용된 전국의 한우 암소 22,620두에 대한 27,215건의 표현형 자료에 대한 3가지의 초음파 도체 형질 별 기초 통계량은 Table 2에 표시한 바와 같다. 본 연구에 이용된 전체 초음파 측정자료를 통한 평균 등지방 두께 (BFT)는 4.46 mm, 등심단면적은(EMA) 56.24 cm², 근내지방도(MAR)는 4.12로 나타났다.

이를 선행 연구 결과와 비교해 볼 때, Yoon (2010)은 10개 지역 한우 농가의 15개월령부터 100개월 령까지의 21,640두의 한우 번식우 초음파 측정 자료에서 등지방 두께 4.88 mm, 등심단면적은 58.8 cm², 근내지방도는 4.81 로 본 연구와 유사하게 보고하였고, Kim et al. (2012)은 국립축산과학원 한우시험장에서 사육된 312두(암, 159두; 수, 153두)의 초음파 측정 도체 형질 자료에 대해 암소의 경우 등지방 두께 12.16 mm, 등심 단면적 86.22 cm², 근내 지방도는 4.64로 본 연구의 결과에 비해 특히 등지방두께와 등심단면적의 성적을 높게 보고하였다.

Table 2. Summary statistics of carcass traits in Hanwoo cow using ultrasonic measurements.

Traits	Mean	SD
Backfat thickness (BFT, mm)	4.46	2.98
Eye muscle area (EMA, cm ²)	56.24	10.99
Marbling score (MAR)	4.12	3.17



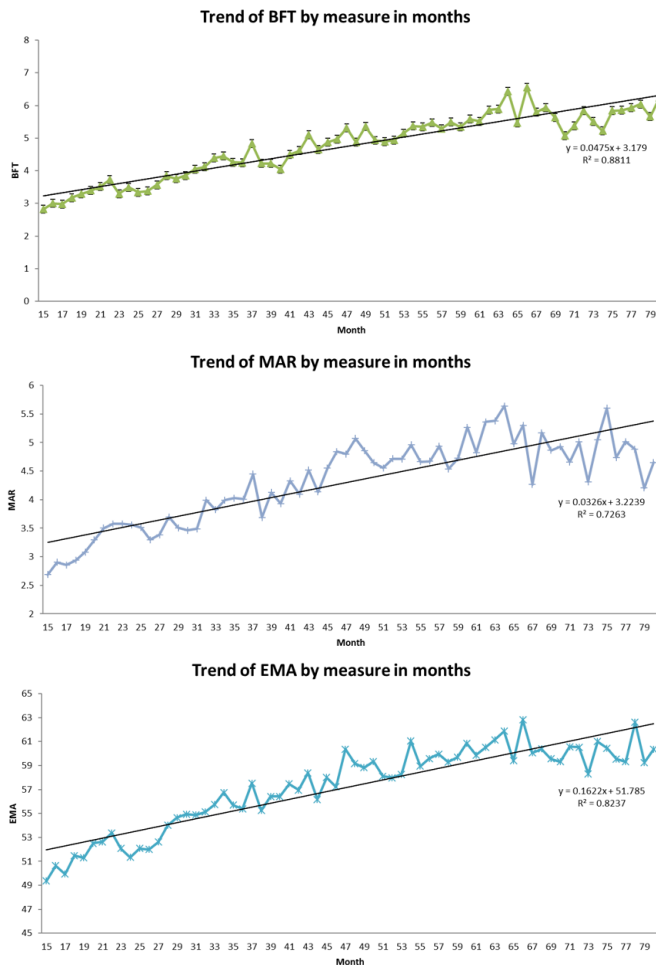
BFT, Backfat thickness; EMA, Eye muscle area; MAR, Marbling score.

Fig. 1. Different distribution of carcass traits in Hanwoo cow using ultrasonic measurements by transformation. First, second and third row represents the un-transform, log and square root transformation, respectively.

후자의 경우 단일집단에서 고르게 사육하는 한우시험장의 사육 환경의 영향과 함께 초음파 측정 평균 월령이 약 69.92개월로서 본 연구에서 사용된 암소의 평균 월령(40.54개월령)에 비하여 월령 수가 높은 개체들을 대상으로 조사한 점이 주요 차이인 것으로 사료된다.

또한, 분석에 사용할 표현형(측정치)의 분포에 대한 정규성(normality)을 확인하기 위하여 무모정 상태의 자료에서와 로그 및 제곱근으로 변환하여 적용한 자료에서의 분포를 Fig. 1에서와 같이 히스토그램으로 나타내었다. 초음파 측정 등심단면적은 3가지 모든 경우에서 정규분포를 나타내고 있음을 확인할 수 있으나 나머지 표현형에서는 부분적 정규성을 보여 추가적 변환이 필요할 것으로 사료된다.

Fig. 2에서는 전체 초음파 측정 자료를 통해 월령별 표현형 관측치의 변화 추이를 분석한 결과를 보여주고 있다. 전체적으로 세 가지 표현형 모두 약 70개월 령까지는 월령이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보여주었으며 이후에는 불안정한 증감 추세가 반복되었다. 추세선의 회귀 상관은 등지방두께가 가장 높게(0.88), 근내지방도가 가장 낮게(0.73) 나타났다. 선행연구에서 Choi (2007)와 Lee and Yeo (2011)에 따르면 한우 암소의 육량 및 육질 관련 초음파 측정 도체 형질은 월령이 증가함에 따라 72개월 령까지 증가하는 추세를 나타내었으며, 이러한 증가 경향도 본 연구의 결과와 유사하게 관측되었다.



BFT, Backfat thickness; EMA, Eye muscle area; MAR, Marbling score.

Fig. 2. Trend of carcass traits in Hanwoo cow using ultrasonic measurements traits by measure in months. Colored dot line and thin black line represent averaged carcass traits by month and fitting line by linear regression, respectively. The regression equation and correlation (R^2) were written below the fitting line.

환경요인 효과

한우 암소의 초음파 측정 표현형에 대한 환경 요인의 유의성을 검증하기 위하여 다변량 일반선형모형을 이용하여 분산 분석한 결과 Table 3에 나타난 것처럼 선택된 일곱 가지 환경요인 모두 세 가지 초음파 도체 형질에 모두 유의성이 있는 것으로 나타났다($p < 0.01$). Cheong et al. (2012)의 연구에서는 지역, 출생 연도 및 계절, 판독자 및 초음파 진단일령 등이 유의하게 나타났으며, 이는 본 연구에서 측정자 효과가 새로이 유의한 변수로 나타난 점과 측정 시점과 출생 시점을 년 월로 각각 구분하여 유의성을 확인한 점 이외에는 유사한 결과를 보여준다. 이외에도 해외 육우의 초음파 도체 형질의 유전 모수 추정에 있어, 초음파 근내지방도 형질은 어미소의 연령이 고려되었다 (Miar et al., 2013). 본 연구에서 판독자 효과는 일부 유의 수준이 조금 높은 경향을 나타내며, 이는 다른 요인에 비하여 수준의 수가 적고 측정자와 중복되는 특성을 지닌 판독자(image interpreter)의 변수 특성을 반영한 결과로 사료된다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 향후 초음파 육질 관련 형질에 대한 유전 능력 평가를 수행할 경우, 측정자를 비롯한 일곱 가지 환경요인을 고려하여 보다 정확한 유전 능력 평가 모형을 고안하는 데에 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 뿐만 아니라, 각 요인별 수준이 많은 점을 고려하여, 측정 월령과 출생 월령 등의 공변량으로 변환하여 그 유의성을 비교해보는 연구도 필요할 것으로 사료된다.

Table 3. Analysis of variance results on carcass traits using ultrasonic measurements traits with environments factors.

Traits	Environments factors	d.f.	Sum of Square	Means Square	F statistics	P value (Pr > F)
BFT	Measure person	14	1176.13	84.01	12.82	<0.0001
	Area	17	861.05	50.65	7.73	<0.0001
	Measure year	6	1703.10	283.85	43.31	<0.0001
	Measure month	11	1007.49	91.59	13.97	<0.0001
	Decode person	2	88.62	44.31	6.76	<0.0001
	Birth year	14	17748.49	1267.75	193.42	<0.0001
	Birth month	11	1316.31	119.66	18.26	<0.0001
EMA	Measure person	14	19685.11	1406.08	16.34	<0.0001
	Area	17	17503.63	1029.63	11.96	<0.0001
	Measure year	6	88438.33	14739.72	171.24	<0.0001
	Measure month	11	21961.34	1996.49	23.19	<0.0001
	Decode person	2	13168.31	6584.16	76.49	<0.0001
	Birth year	14	215920.05	15422.86	179.17	<0.0001
	Birth month	11	14799.24	1345.39	15.63	<0.0001
MAR	Measure person	14	1575.91	112.57	14.94	<0.0001
	Area	17	3203.75	188.46	25.02	<0.0001
	Measure year	6	3068.48	511.41	67.89	<0.0001
	Measure month	11	1731.46	157.41	20.9	<0.0001
	Decode person	2	119.09	59.55	7.91	0.0004
	Birth year	14	13123.39	937.39	124.44	<0.0001
	Birth month	11	756.21	68.75	9.13	<0.0001

BFT, Backfat thickness; EMA, Eye muscle area; MAR, Marbling score.

Acknowledgements

본 논문은 농촌진흥청 차세대바이오그린21사업(세부과제번호: PJ011349012017)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Brethour JR. 2000. Using serial ultrasound measures to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 78:2055-2061.
- Cheong JK, Oh YT, Choi HN, Lee CH, Kim KH, Kim KY, Choy YH, Kim HC, Hwang JM. 2012. Effects of geographic locations and year-seasons of birth on ultrasound scanned measures and carcass traits of Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology* 54:247-253.
- Choi HH. 2007. Research on selecting superior Hanwoo cows and genetic improvement using ultrasonic waves. MS. dissertation, Hanhyong National Univ., Korea. [in Korean]
- Choy YH, Son JK, Kong HS, Lee HK, Park KD. 2011. Estimation of genetic parameters for economic traits of Hanwoo cows using ultrasound. *Journal of Animal Science and Technology* 53:505-509. [in Korean]
- Howry DH, Bliss WR. 1952. Ultrasonic visualization of soft tissue structures of the body. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine* 40:579-592.
- Hwang KN, Kim MC, Byun HS, Park MH, Lee KK, Han YM, Sin ST. 1997. Ultrasonographic diagnosis for the treatment of genital disease and early pregnancy diagnosis in Korean native cattle. *Korean Journal of Animal Reproduction* Reproductive & developmental biology 21:31-37. [in Korean]
- Kim HC, Lee SH, Dang CK, Jun KJ, Yeon SH, Cho YM, Lee SM, Yang BS, Kim JB. 2012. Estimation of genetic parameters for ultrasound and carcass traits in Hanwoo. *Journal of Animal Science and Technology* 54:331-336. [in Korean]
- Lee DH, Lee KH, 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 JH, Lee YM, Oh SH, Son HJ, Jeong DJ, Whitley N, Kim JJ. 2014. Estimation of genetic parameters for real-time ultrasound measurements for Hanwoo cows at different ages and pregnancy status. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 27:155.
- Lee JH, Yeo JS. 2011. Estimation of genetic parameters using real-time ultrasound measurements in Hanwoo. *Journal of Korean Data and Information Science Society* 22:1145-1152. [in Korean]
- Miar Y, Plastow GS, Bruce HL, Moore SS, Durunna ON, Nkrumah JD, Wang Z. 2013. Estimation of genetic and phenotypic parameters for ultrasound and carcass merit traits in crossbred beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 94: 273-280.
- Moon WG, Kim BW, Roh SH, Kim HS, Jung DJ, Sun DW, Kim KN, Yoon YT, Jung JH, Jeon JT, Lee JG, Lee JG. 2007. Estimation of environmental effect and genetic parameters for the carcass traits in Hanwoo (Korean cattle). *Journal of Animal Science and Technology* 49:689-698. [in Korean]
- Noh SH, Kim CY, Won US, Park CJ, Lee SS, Lee JK. 2010. Studies on genetic parameter estimation and sire selection to ultrasound measurement traits of Hanwoo. *Journal of Animal Science and Technology* 52:1-8. [in Korean]
- Park CH, Ku YM, Kim BW, Sun DW, Kim JI, Lee KH, Lee JW, Jung YH, Lee JK. 2012. Repeated records animal model to estimate genetic parameters of ultrasound measurement traits in Hanwoo cows. *Journal of Animal Science and Technology* 54:71-75. [in Korean]
- Santana MH, Ventura RV, Utsunomiya YT, Neves HH, Alexandre PA, Oliveira Junior GA, Gomes RC, Bonin MN, Coutinho LL, Garcia JF, Silva SL, Fukumasu H, Leme PR, Ferraz JB. 2015. A genomewide association mapping study using ultrasound-scanned information identifies potential genomic regions and candidate genes affecting carcass traits in Nellore cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 132:420-427.
- Song YH, Kim SJ, Lee SK. 2002. Evaluation of ultrasound for prediction of carcass meat yield and meat quality in

Korean native cattle (Hanwoo). *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* 15:591-595.

Yang BK, Kim JB, Hwang HS, Kim JI, Jung HT, Park CK, Park DH. 1999. Early pregnancy diagnosis by progesterone kit and ultrasound pregnancy detector in Hanwoo. *Annals of Animal Resources Sciences* 10:1-8. [in Korean]

Yoon WJ. 2010. Study on genetic improvement for meat quality of Hanwoo cows using ultrasonic measurements. Ph.D. dissertation, Hanhyong National Univ., Korea. [in Korean]