



한우 도체형질과 생시체중의 유전모수 추정 및 연관성 규명

노재광¹, 박찬혁¹, 손지현¹, 이기환¹, 도창희², 임현태^{3,4}, 이정규^{3,4}, 최태정⁵, 구양모^{1*}

¹한국종축개량협회 유전정보사업부, ²충남대학교 동물자원과학부, ³경상국립대학교 축산학과, ⁴경상국립대학교 농업생명과학연구원, ⁵국립축산과학원 가축개량평가과

Estimation of Genetic Parameters and Identification of correlations between Carcass Traits and Birth Weight in Hanwoo

Jae-Kwang Noh¹, Chan-Hyuk Park¹, Ji-Hyun Son¹, Ki-Hwan Lee¹, Chang-Hee Do², Hyun-Tae Lim^{3,4}, Jung-Gyu Lee^{3,4}, Tae-Jeong Choi⁵, Yang-Mo Koo^{1*}

¹Genetic & IT solutions Division, KAIA, Seocho, 06668, Korea

²Division of Animal & Dairy Science, CNU, Daejeon, 34134, Korea

³Department of animal Science, GNU, JinJu, 52828, Korea

⁴Institute of Agriculture & Life Science, GNU, JinJu, 52828, Korea

⁵Animal Genetics & Breeding Division, NIAS, Cheonan, 31000, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to explore the connection between the birth weight and carcass traits of Hanwoo and to use the data collected from Chungnam National University, which participated in the Hanwoo cow test farm project, as basic data on the establishment of improvement goals for birth weight. The analysis used 342,659 birth weights of animals born from 2002 to 2018, 302,474 animals of pedigree data and 387,961 animals of carcass traits data. In order to estimate the correlation between birth weight and carcass traits, two statistical models were established and analyzed in consideration of environmental factors affecting the trait. In the first model(Model 1), the heritability of steer was 0.28, 0.67, 0.70, 0.41, 0.63 and 0.48 in BW, SW, CW, EMA, MS and BF, respectively. The cows were 0.30, 0.34, 0.32, 0.20, 0.21 and 0.37, respectively. The results of the second model(Model 2), including the permanent environmental effect of the maternal, showed an increase in heritability of 0.01 to 0.29 for steer and 0.31 for cows, showing no significant change. Genetic correlations between BW, SW, CW, EMA, MS and BF in steer were 0.39, 0.42, 0.40, 0.25, and 0.24, respectively, showing moderate correlations. The cows BW, SW, CW, EMA showed similar results with 0.31, 0.41, and 0.44, respectively. According to the results of the study, the genetic relationship between the heritability to BW, SW, CW and carcass trait shows that the birth weight is related to each carcass trait. It is believed that it can be used as basic data.

Keyword: Birth weight, Carcass trait, Genetic parameters, Identification, Maternal permanent environmental effect

*Corresponding author: Yang-Mo Koo

Genetic & IT solutions Department, KAIA, Seocho, 06668, Korea
Tel : +82-2-588-9301 E-mail: greatman009@gmail.com

Received: 02 April, 2021, Revised: 27 June, 2021, Accepted: 28 June, 2021



© Journal of Animal Breeding and Genomics 2021. 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

우리나라 한우개량사업은 역용에서 육용의 목적으로 바뀌면서 보다 맛있고 육량과 육질이 풍부한 고급육의 개량을 추진하고 있고 외국에서도 육량과 육질이 우수한 개량을 위하여 도체형질 개량에 대하여 다양한 방법으로 연구가 진행되어 왔다(Koch et al., 1983; Neville et al., 1984; Beever et al., 1990; Lunt et al., 1992; Wilson et al., 1993; Veseth et al., 1993; 노 등, 2004; Roh et al., 2017). 산업화로 인해 육용우로서의 목적으로 사육되고 있는 한우는 고급육 생산 및 많은 육량을 공급하는 것이 최고의 경제적 수익을 발생시킬 수 있는 수단으로 여겨지고 있으며, 이에 도체형질이 가장 중요한 필수 개량형질로 자리 잡았다.

한우에 있어 도체형질은 크게 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도의 4가지로 분류된다. 2019년 12월부터 소고기 등급제를 근내지방도 최고등급인 1++에 대한 기준을 기존 No.8¹ ~ 9³에서 No.7³ 등급을 포함하는 것으로 개편하여 고급육의 공급 확대를 통한 소비자의 만족도 상승을 유도하고, 출하개월령 단축을 통한 농가소득창출에 이바지 하고 있다. 하지만 한우의 개량을 위해 고려되어야 할 형질은 도체형질 외에도 여러 가지가 있다. 그 중 생시체중은 송아지가 태어나 처음으로 검정을 하는 형질로 향후 성장 잠재력을 예측해 볼 수 있는 형질이고 육우 산업에서 매우 중요한 경제 지표이다. 이는 이유후 일당증체량과 체중과 긍정적으로 연관되어 있기 때문에 기존 연구 결과에 의해 유용한 경제 지표로 간주된다(Bailey and Mears, 1990; Meyer, 1995).

현재 한우산업에 있어 육종농가와 일부 선도 개량농가를 제외하면 생시체중에 대한 자료를 체계적으로 정리하고 있는 농가는 많지 않은 실정이다. 암소의 임신기간과 생시체중, 일당증체량 등과 관련된 연구는 이전에 수행되었으나, 생시체중과 도체형질 간 연관성을 규명한 연구는 미미한 실정이다. 그리하여 본 연구는 한우의 생시체중과 도체형질간의 연관성을 탐색하여 생시체중 형질에 대한 개량목표 설정에 대한 기초자료로 사용하기 위해 수행되었다.

MATERIALS AND METHODS

1) 공시재료

본 연구는 암소검정사업의 일환으로 충남대학교에서 수집된 2002년도에 생산된 개체부터 2018년도까지 생산된 개체들의 생시체중 자료 총 342,659건과 이 개체들에 대한 한국축육개량협회의 등록자료 302,474두, 축산물품질평가원을 통하여 수집된 도체성적자료 387,961두를 이용하였다. 연구수행을 위하여 기초자료에서 수집된 자료 중 이상치(Outlier)는 분석에서 제외하였다. 이상치는 부모를 알지 못하는 미등록우와 기초등록우, 혈통 기록 누락개체 등, 3SD (Standard deviation)의 범위에서 벗어나는 자료, HYS (herd-year-season) 동기군 5두 미만 그룹에 속하는 개체로 설정하였으며, 최종 모든 자료가 온전하게 보존된 거세우 47,013두, 암소 16,002두를 선발하여 총 63,015두를 분석에 이용하였다. 분석에 이용된 거세우와 암소의 출생년도, 도축년도, 지역별 분포현황 등을 Table 1과 2에 나타내었다.

2) 자료구조분석

일반적으로 양적자료의 통계분석은 정규분포를 따른다는 것을 가정하고 실시한다. 본 연구에서는 각 형질별로 정규성을 보이는지 살펴보고 정확한 결과 도출을 위한 자료 구조분석을 실시하였다. 거세우와 암소에 대한 성장형질 2가지(생시체중, 출하체중) 및 도체형질 4가지(도체중, 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께)에 대한 정규성 검정을 실시하였다. 정규성검정은 SAS Univariate Procedure의 Kolmogorov-Smirnov 통계량(D)으로 추정하였으며, 통계량(D) 추정을 위한 공식은 다음과 같다.

$$D = \sup_x |F_n(X) - F(x)|$$

Table 1. Number of records by birth year, carcass year and birth region in steer

B_year*	Obs.	C_year	Obs.	Region	Obs.
2002	32			GG	6,755
2003	33			GW	490
2004	25	2004	5	CB	5,649
2005	235	2005	55	CN	9,958
2006	876	2006	21	JB	7,009
2007	2,517	2007	105	JN	7,855
2008	4,202	2008	505	GB	3,973
2009	6,788	2009	1,647	GN	5,324
2010	9,544	2010	3,402		
2011	10,369	2011	5,732		
2012	3,581	2012	7,870		
2013	1,868	2013	10,944		
2014	2,379	2014	7,173		
2015	1,689	2015	1,978		
2016	1,363	2016	1,981		
2017	1,281	2017	1,972		
2018	231	2018	1,586		
		2019	1,304		
		2020	733		
Total	47,013		47,013		47,013

*B_year: Birth year, Obs.: Observation number, C_year: Carcass year, Region: Birth region-GG: Gyeonggi, GW: Gangwon, CB: Chungbuk, CN: Chungnam, JB: Jeonbuk, JN: Jeonnam, GB: Gyeongbuk, GN: Gyeongnam.

Table 2. Number of records by birth year, carcass year and birth region in cow

B_year	Obs.	C_year	Obs.	Region	Obs.
2005	54			GG	2,683
2006	183			GW	424
2007	471	2007	3	CB	3,970
2008	1,198	2008	12	CN	3,730
2009	2,205	2009	87	JB	3,297
2010	3,384	2010	262	JN	1,163
2011	3,740	2011	520	GB	449
2012	1,951	2012	1,605	GN	286
2013	830	2013	2,824		
2014	878	2014	3,218		
2015	572	2015	3,004		
2016	362	2016	1,907		
2017	157	2017	895		
2018	17	2018	630		
		2019	635		
		2020	400		
Total	16,002		16,002		16,002

3) 통계모형

성장형질과 도체형질 간 상관관계를 추정하기 위하여, 형질에 영향을 미치는 환경요인을 고려하여 다음과 같은 2개의 통계모형을 설정하여 각각 분석하였다.

$$Y = \mu + HYS + D_{cov} + m + a + e \quad (\text{Model 1})$$

여기서,

Y : 관측치

u : 집단의 평균

HYS : 출생지-생년-계절의 효과

D : 도체형질에 대한 도축일령의 공변량 효과

m : 생시체중에 대한 어미효과

a : 개체효과

e : 각 측정치의 임의오차

$$Y = \mu + HYS + D_{cov} + m + mpe + a + e \quad (\text{Model 2})$$

여기서,

Y : 관측치

u : 집단의 평균

HYS : 출생지-생년-계절의 효과

D : 도체형질에 대한 도축일령의 공변량 효과

m : 생시체중에 대한 어미효과

mpe : 생시체중에 대한 어미의 영구환경효과

a : 개체효과

e : 각 측정치의 임의오차

상기 모형을 행렬 방정식으로 표기하면 다음과 같다.

$$Y = Xb + Zu + e$$

여기서,

Y : 각 형질의 관측치에 대한 벡터

X : 고정효과에 대한 계수행렬

Z : 개체에 대한 임의효과에 관한 계수행렬

b : 알려지지 않은 고정효과에 대한 추정치 벡터

u : 개체에 대한 육종가 벡터 $\sim N(0, G)$

e : 각 형질에 대한 임의오차 벡터 $\sim N(0, R)$

기댓값, 분산 및 공분산은 다음과 같다.

$$E(Y) = Xb$$

$$\text{Var}(\mathbf{u}) = \mathbf{G} = \mathbf{G}^* \otimes \mathbf{A}$$

$$\text{Var}(\mathbf{e}) = \mathbf{R} = \mathbf{R}^* \otimes \mathbf{I}$$

$$\text{Var}(\mathbf{y}) = \mathbf{V} = \mathbf{Z}\mathbf{G}\mathbf{Z}' + \mathbf{R}$$

여기서,

A: 상가적 혈연계수 행렬

G*: 상가적 유전분산-공분산 행렬

R*: 임의오차분산-공분산 행렬

I: 단위행렬

⊗: Kronecher product

이에 기초하여 혼합모형방정식(MME)을 다음과 같이 할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{Z}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z} + \mathbf{G}^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\boldsymbol{\beta}} \\ \hat{\mathbf{u}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \end{bmatrix}$$

통계분석에는 SAS 9.1.3 Package 프로그램을 이용하여 이상치자료 제거 및 핸들링, 기초통계분석과 각 통계모형의 유의성 (Significance) 검증을 위하여 GLM (Generalized Linear Model) 분석방법을 통해 분석하였고, 혈통자료의 리넘버링과 고정효과 및 임의효과와 재정결과, 유전모수(Genetic parameter) 추정을 위하여 EM-REML 알고리즘을 바탕으로 하여 Fortran기반으로 개발된 BLUPF90 Family (Miszta, 2007) 프로그램을 이용하여 제한최대우도법(Restricted maximum likelihood method, REML)으로 잔차분산이 10^{-11} 이하로 수렴될때까지 반복추정하여 분산-공분산을 추정하였다. 모델에 따른 상가적 유전효과 (Additive genetic effect)에 대한 유전력의 추정치는 다음과 같이 계산하였다.

$$\hat{h}_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_p^2}$$

여기서, $\hat{h}_a^2$ 는 유전력(heritability), $\hat{\sigma}_a^2$ 는 상가적 유전 분산 (Additive genetic variance), σ_p^2 는 표현형 분산 (Phenotype variance)이다. 또한 형질 간 유전상관은 다음과 같은 함수식을 통해 분산·공분산 추정치를 기반으로 추정하였다.

$$r_{G(i,j)} = \frac{Cov_{a(i,j)}}{\sqrt{\sigma_{a(i)}^2 \times \sigma_{a(j)}^2}} \quad (i \neq j)$$

또한, 형질 간 표현형 상관은 다음 함수식에 의해 추정되었다.

$$r_{p(i,j)} = \frac{[Cov_{a(i,j)} + Cov_{e(i,j)}]}{\sqrt{[\sigma_{a(i)}^2 + \sigma_{e(i)}^2][\sigma_{a(j)}^2 + \sigma_{e(j)}^2]}} \quad (i \neq j)$$

여기서, $\hat{\sigma}_a^2$ 는 상가적 유전분산, r_G 은 유전상관이며, r_p 은 표현형 상관이다.

4) 유전모수 추정

한우 거세우 47,013두와 암소 16,002두의 생시체중, 출하체중 및 도체형질에 대한 분산값 및 유전력 추정을 위하여 두 가지 모형을 이용하였다.

첫 번째 모형은 생시체중에 영향을 미치는 모체효과(Maternal effect)만을 포함하여 유전모수를 추정하였고, 두 번째 모형은 모체의 영구환경효과(Maternal Permanent environment effect)를 추가하여 유전모수를 추정하였다.

분산성분 및 유전모수를 추정하기 위해 상기 2가지 모형 중에서 적합한 분석모형을 찾아내기 위해서 Log-Likelihood (LogL) 값을 비교하였다. 각 모형들 간의 비교와 적합한 모형을 찾아내기 위해서 chi-square 통계량 (χ^2)을 통한 유의적인 차이를 검정하였으며, 계산식은 다음과 같다.

$$\chi^2 = -2(\text{LogL}_{\text{reduced model}} - \text{LogL}_{\text{full model}})$$

여기서, $\text{LogL}_{\text{reduced model}}$ 은 간단한 모델에 대하여 추정된 LogL값이며, $\text{LogL}_{\text{full model}}$ 은 더욱 복잡한 모형에 대하여 추정된 LogL값을 의미한다.

RESULTS AND DISCUSSION

1) 자료구조분석

본 분석에 이용된 거세우와 암소의 자료 중 사용된 거세우와 암소의 아버지와 어미 두수, 평균 근친계수, 근친계수 구간별 분포 비율을 Table 3에 나타내었다.

Table 3의 거세우와 암소에 자료에 대한 구성을 살펴보면 거세우의 경우 총 47,103두의 개체를 이용하였으며, 개체의 아버지는 총 509두, 어미 37,590두로 나타났고, 평균 근친계수는 0.26으로 나타났다. 암소의 경우에는 총 16,002두 중 아버지 363두, 어미 14,481두로 나타났고, 평균 근친계수는 0.25로 나타났다. 그러나 거세우와 암소 모두 분석에 이용된 개체 수에 비해 어미의 두수가 상당히 많은 것으로 나타나 반복기록을 가진 어미개체는 적은 것으로 사료된다.

Table 3. Data information in Steer and Cow herd

Item	Steer	Cow
No. Animal	47,103	16,002
No. Sire	509	363
No. Dam	37,590	14,481
Average inb %	0.26	0.25

Figure 1과 2에는 거세우와 암소의 근친계수 구간별 비율을 나타내었다. 거세우와 암소에서 모두 근친계수가 0인 개체의 비율이 각각 91.80%, 92.74%로 타 구간에 비하여 많은 것으로 나타나 근친피해를 예방하기 위한 인공수정의 계획교배가 활발히 일어나고 있는 것으로 판단된다.

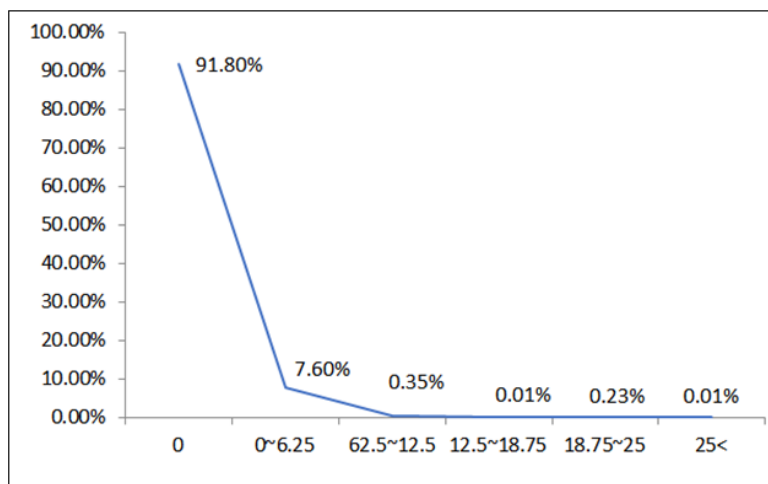


Figure 1. Inbreeding percent on steer

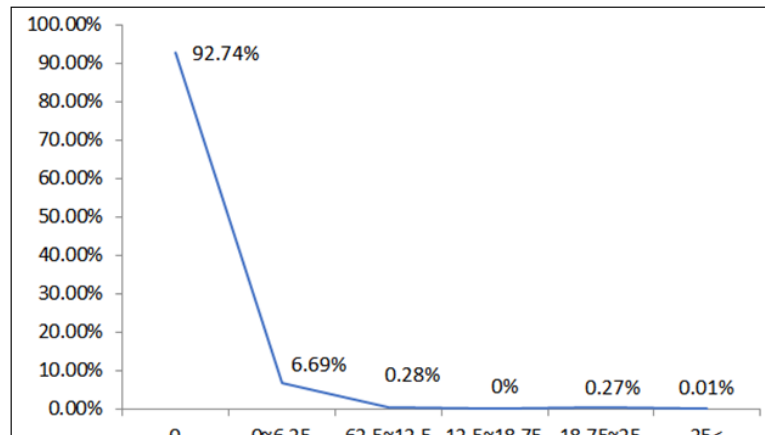


Figure 2. Inbreeding percent on cow

본 연구에 이용된 거세우 47,013두와 암소 16,002두에 대한 생시체중 및 도체형질의 정규성 검정을 통하여 분석의 정확한 결과값을 도출할 수 있는지 살펴보기 위하여 자료 구조분석을 실시하였다. 추정된 Kolmogorov-Smirnov 통계량(D) 결과를 Table 4와 5, Figure 3과 4에 나타내었다.

일반적으로 검정통계량(K-S D) 분석결과에서 통계량(D)이 0.05보다 큰 경우는 정규분포를 따른다고 하며, 0.05보다 작은 경우에는 정규분포를 따르지 않는 것으로 판단한다. 정규성 검정결과를 살펴보면 통계량(D)이 거세우의 경우 생시체중 0.176, 출하체중 0.020, 도체중 0.015, 등심단면적 0.056, 등지방두께 0.089, 근내지방도 0.123으로 나타났고, 암소의 경우 생시체중 0.207, 출하체중 0.019, 도체중 0.013, 등심단면적 0.051, 등지방두께 0.078, 근내지방도 0.136으로 나타나 거세우와 암소 모두 출하체중 및 도체중을 제외한 모든 형질에서 모두 0.05 초과와 값을 보여 모든 형질에서 정규성을 띄고 있는 것으로 나타났다. 그러나 거세우 및 암소의 출하체중과 도체중에서 0.05 이하로 나타나 정규성이 인정되지 않는 것으로 나타났다. 하지만 각각의 통계량(D)값이 각각 0.020, 0.015, 0.019, 0.013으로 나타나 정규성에 근접함을 나타내고 있으며, Figure 9와 10에서도 정규분포에 근접한 것으로 나타났다. 선행연구결과를 살펴보면 구 등(2011) 및 선 등(2012)은 도체중 및 등심단면적 형질에서는 정규성에 근접하였으나, 등지방두께 및 근내지방도 형질에서는 정규분포를 따른다고 하였고, 손(2019)의 연구결과에서는 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 형질에서는 정규분포를 따르지만 도체중 형질에서는 정규성에 근접한 결과값인 0.019을 나타낸 것으로 보고하여, 본 연구와 비슷한 결과를 나타내었다.

Table 4. Kolmogorov-Smirnov test of birth weight and Carcass traits in steer

Value	Obs.	K-S D ¹⁾ (Pr>D)					
		BW	LW	CW	EMA	BF	MS
D	47,103	0.176	0.020	0.015	0.056	0.089	0.123
P		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

¹⁾K-S D: Kolmogorov-Smirnov statistic, No. Number of observation, D > 0.05 : Normal distribution, D < 0.05 : Not normal distribution, BW: Birth weight, CW: Carcass weight(kg), EMA: Eye muscle area(cm²), BF: Backfat thickness(mm), MS: Marbling score.

Table 5. Kolmogorov-Smirnov test of birth weight and Carcass traits in cow

Value	Obs.	K-S D ¹⁾ (Pr>D)					
		BW	LW	CW	EMA	BF	MS
D	16,002	0.207	0.019	0.013	0.051	0.078	0.136
P		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

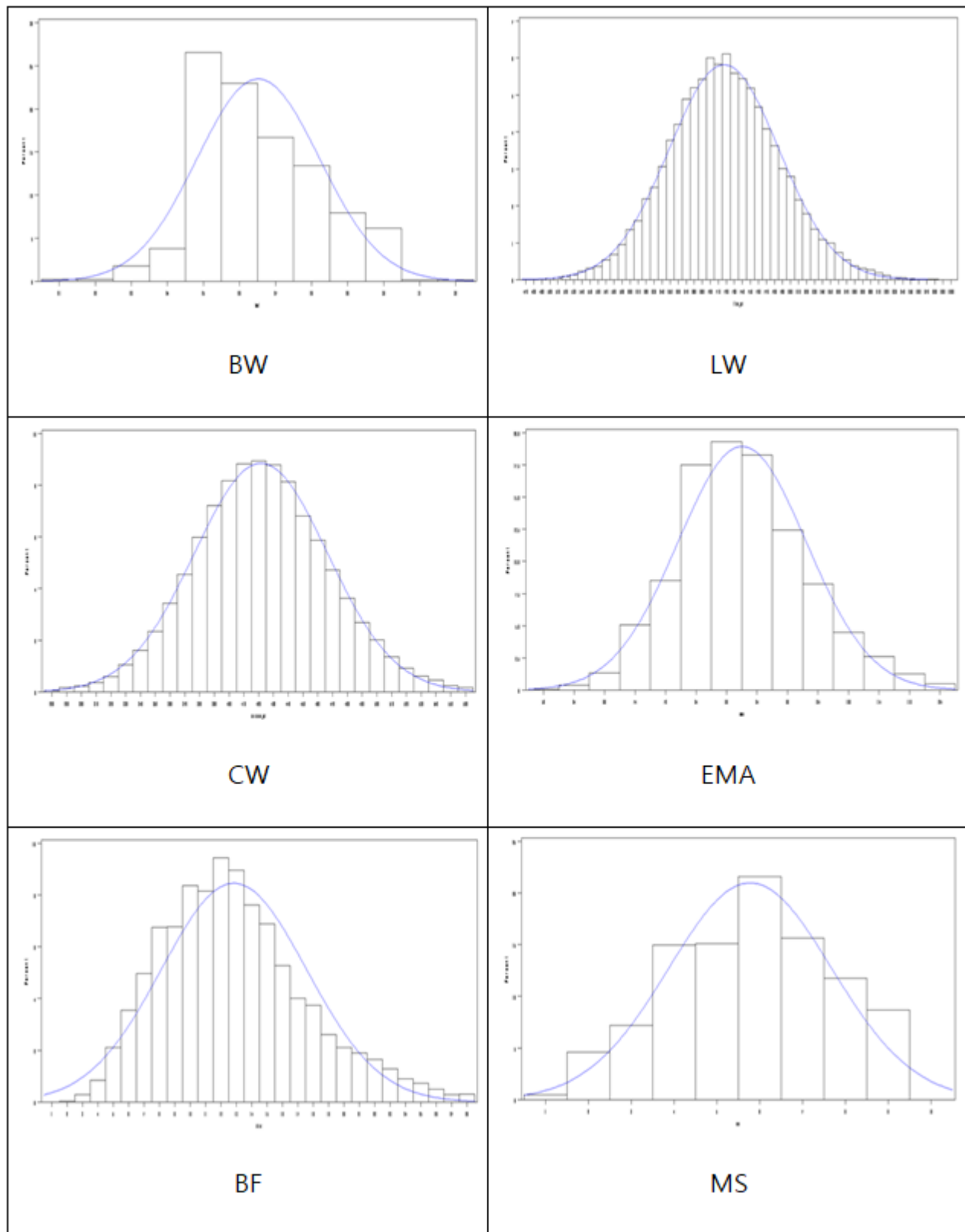


Figure 3. Distribution of each traits in steer

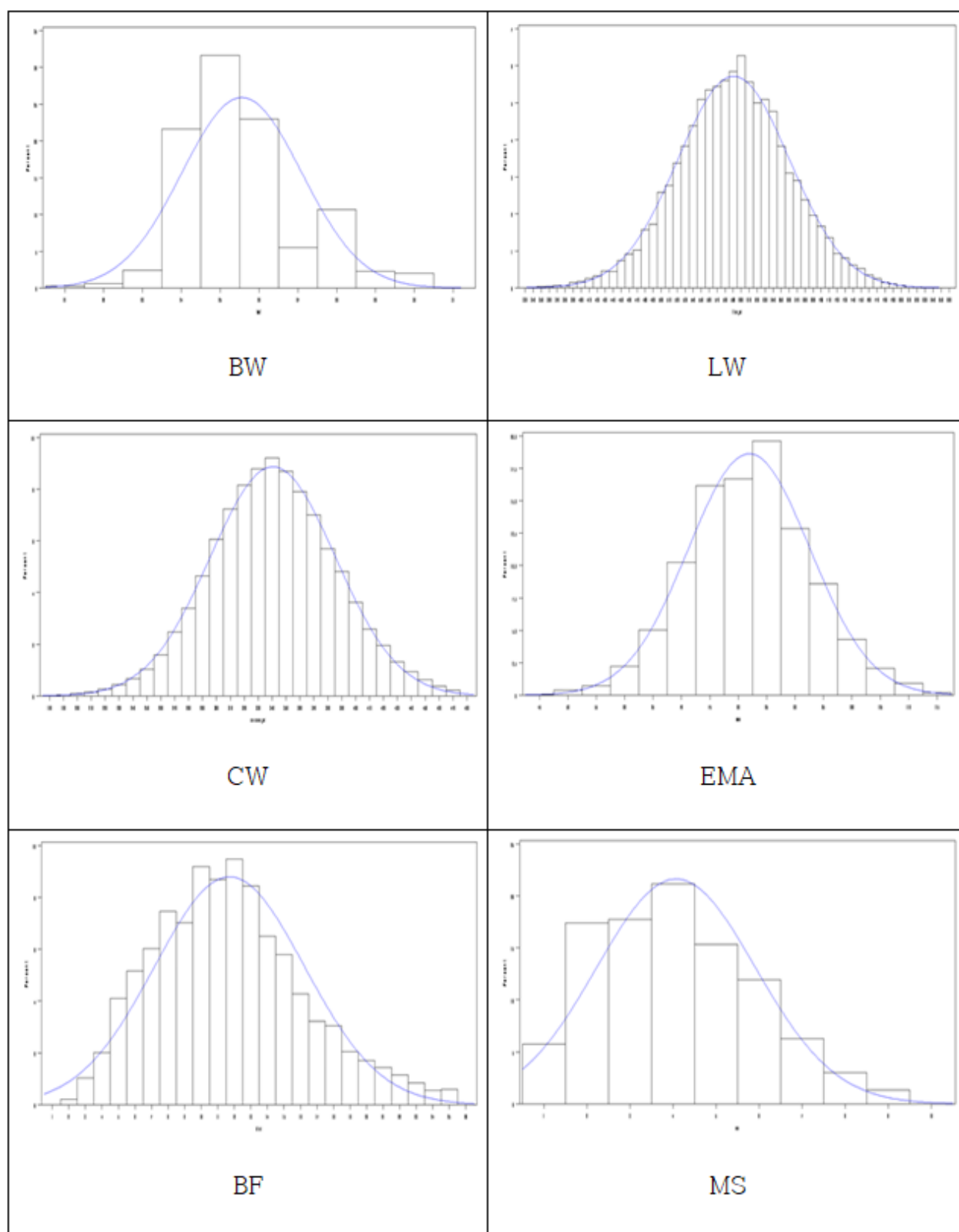


Figure 4. Distribution of each traits in cow

2) 일반능력 분석

Table 6에는 분석에 이용된 자료의 성별, 형질별 기초통계량을 나타내었다. 성별에 따른 기초통계량을 살펴보면, 생시체중의 경우 수송아지와 암송아지에서 각각 26.72 ± 1.71 kg, 25.59 ± 1.52 kg으로 나타났다.

이는 최(2001)가 발표한 수송아지 26.21 ± 3.69 kg, 암송아지 24.97 ± 3.48 kg 및 김 등(2006)이 발표한 수송아지 26.26 ± 0.29 kg, 암송아지 23.72 ± 0.25 kg와는 비슷한 수치를 나타내었으나, 나 등(1992)이 발표한 수송아지 25.9 ± 0.18 kg, 암송아지 23.9 ± 0.21 kg 및 김(2012)이 발표한 수송아지 25.5 ± 3.74 kg, 암송아지 23.5 ± 3.46 kg 보다 높게 나타났다. 이러한 차이는 어미의 산차와 출생시기, 출생지역의 차이 및 분석두수의 차이인 것으로 판단된다. 출하체중은 거세우와 암소에서 각각 717.06 ± 68.41 kg, 592.20 ± 69.23 kg으로 나타나 이(2013)가 보고한 결과 보다 높은 것으로 나타났다. 이는 본 연구에 활용된 자료가 기존 보고된 연구의 자료 대비 최근의 자료가 추가로 포함된 결과로 판단된다. 도체중의 경우 거세우 426.77 ± 44.99 kg, 암소 338.42 ± 45.82 kg로 나타났으며, 이는 정(2017), 이(2013), 구 등(2011), 김(2010), 김 등(2012), 선 등(2010), 신(2008), Nephawe 등(2004)이 발표한 자료보다 소폭 높은 것으로 나타났다. 등심단면적의 경우 거세우에서 92.02 ± 10.75 cm², 암소에서 83.93 ± 11.06 cm²로 나타났는데 이는 정(2017), 최(2012), 최 등(2006), Arakawa 등(2009), Smith 등(2007)이 보고한 결과보다 높았다. 근내지방도에서는 거세우에서 5.71 ± 1.94 점, 암소에서 3.89 ± 1.80 점으로 나타나 이(2013), 정(2017), 최 등(2006), Arakawa 등(2009), Smith 등(2007)이 보고한 결과와 비슷한 결과를 나타내었다. 또한 노 등(2004)은 후대검정 거세우를 대상으로 한 연구에서 도체중 301.9 ± 33.9 kg, 등심단면적 75.72 ± 8.19 cm², 근내지방도 2.91 ± 1.63 점, 등지방두께 8.27 ± 3.69 mm로 보고하여 본 연구결과보다 낮은 수치를 나타내었으나 이는 연구에 이용한 자료의 특성상 도축월령에서 차이를 보인 것으로 사료된다.

Table 6. Basic statistic for traits by sex

Traits*	Steer			Cow		
	Obs	Mean	SD	Obs	Mean	SD
BW	47,013	26.72	1.71	16,002	25.59	1.52
LW		717.06	68.41		592.20	69.23
CW		426.77	44.99		338.42	45.82
EMA		92.02	10.75		83.93	11.06
BF		12.99	4.85		12.35	4.94
MS		5.71	1.94		3.89	1.80
C_days		931.30	44.94		1,388.24	273.20

*BW : Birth weight, LW : Live weight, CW : Carcass weight, EMA : Loin muscle area, BF : Backfat thickness, MS : Marbling score, C_days : Carcass days.

모든 형질에서 본 연구의 결과와 비슷하거나 소폭 높은 것으로 나타났는데 이는 성별, 출생시기, 분석 자료의 두수에 따른 것으로 판단된다. 또한 도체형질에서 거세우가 암소의 평균 성적보다 높은 것으로 나타나 이는 암소의 경우는 후대축을 생산하여 수익을 창출하고, 거세우는 고급육을 생산하여 수익을 창출하는 것으로 사육되고 있다고 판단된다.

Table 7 및 Figure 5, 6에는 분석에 이용된 거세우와 암소의 지역별 통계량을 나타내었다. 지역별 분포두수를 살펴보면 충청남도의 개체가 가장 많았으며, 전라북도, 충청북도, 경기도, 전라남도의 개체가 8,000두 이상으로 많이 포함되어 있는 것으로 나타났다. 그러나 강원도의 개체는 총 914두로 타 도에 비하여 적은 것으로 나타났다. 지역 간 개체기록의 차이가 크게 발생하여 혈통등록된 개체 중 유전능력평가를 실시 할 수 있는 개체를 지역별로 살펴본 결과 2020년도 10월 기준으로 경상북도가 약 520천여두로 가장 많았고, 본 자료에 가장 적은 분포를 보이는 강원도는 약 197천여두로 두 번째로 사육두수가 적은 것으로 나타났다. 이는 본 연구에 이용된 기초자료 수집구조의 특성상 지역별 편차가 발생하기 때문인 것으로 판단된다.

Table 7. Basic statistic for traits by sex and region

Region*	Traits	Steer			Cow		
		Obs.	Mean	SD	Obs.	Mean	SD
GG	BW	6,755	27.04	1.37	2,683	24.88	1.27
	LW		719.27	66.41		580.04	69.82
	CW		426.64	43.66		329.77	46.13
	EMA		90.47	9.98		81.67	10.56
	BF		13.14	4.88		11.40	4.98
	MS		5.52	1.90		3.42	1.72
GW	BW	490	26.13	1.57	424	24.59	0.90
	LW		706.10	63.41		581.07	68.58
	CW		418.86	42.49		333.64	46.32
	EMA		89.20	10.79		81.90	10.59
	BF		12.99	4.72		11.91	4.84
	MS		5.43	1.94		3.99	1.66
CB	BW	5,649	25.94	1.34	3,970	25.12	0.95
	LW		731.84	70.99		608.32	69.94
	CW		432.20	46.60		346.97	46.00
	EMA		93.84	11.00		85.96	11.33
	BF		13.06	4.47		12.93	4.91
	MS		5.77	1.85		3.98	1.81
CN	BW	9,958	27.26	1.84	3,730	26.30	1.94
	LW		718.66	71.07		589.90	67.64
	CW		425.93	46.45		337.29	45.01
	EMA		92.50	10.54		83.72	10.88
	BF		12.77	4.65		12.29	4.83
	MS		5.74	1.85		4.08	1.78
JB	BW	7,009	27.22	1.91	3,297	25.96	1.40
	LW		714.66	68.49		591.34	68.15
	CW		428.92	46.07		338.44	45.04
	EMA		94.33	11.22		84.54	10.85
	BF		13.69	5.13		12.80	4.97
	MS		6.20	2.01		3.94	1.79
JN	BW	7,855	26.32	1.44	1,163	26.03	1.35
	LW		711.58	65.08		583.26	65.86
	CW		426.35	42.96		336.43	45.79
	EMA		92.11	10.71		83.37	11.27
	BF		13.46	5.01		12.28	4.98
	MS		5.69	1.98		3.89	1.84
GB	BW	3,973	25.54	1.74	449	24.93	0.78
	LW		708.71	65.86		586.39	65.86
	CW		421.65	43.15		336.46	43.62
	EMA		90.95	10.64		81.79	10.78
	BF		12.33	4.71		11.39	4.67
	MS		5.58	1.91		3.91	1.81
GN	BW	5,324	27.00	1.39	286	25.99	1.31
	LW		713.98	67.26		584.52	65.88
	CW		424.93	44.40		333.60	43.04
	EMA		88.98	10.13		81.46	10.97
	BF		11.99	4.77		11.54	4.59
	MS		5.35	1.97		3.85	1.79

*Region: Birth region-GG: Gyeonggi, GW: Gangwon, CB: Chungbuk, CN: Chungnam, JB: Jeonbuk, JN: Jeonnam, GB: Gyeongbuk, GN: Gyeongnam.

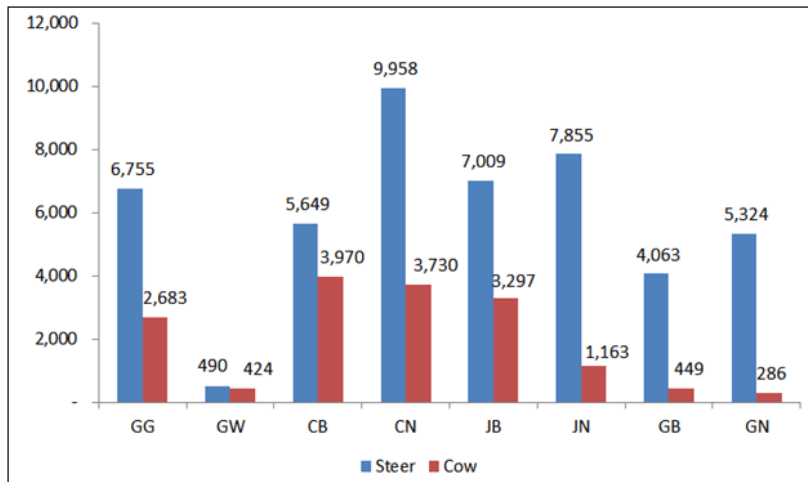


Figure 5. Distribution of Region by sex

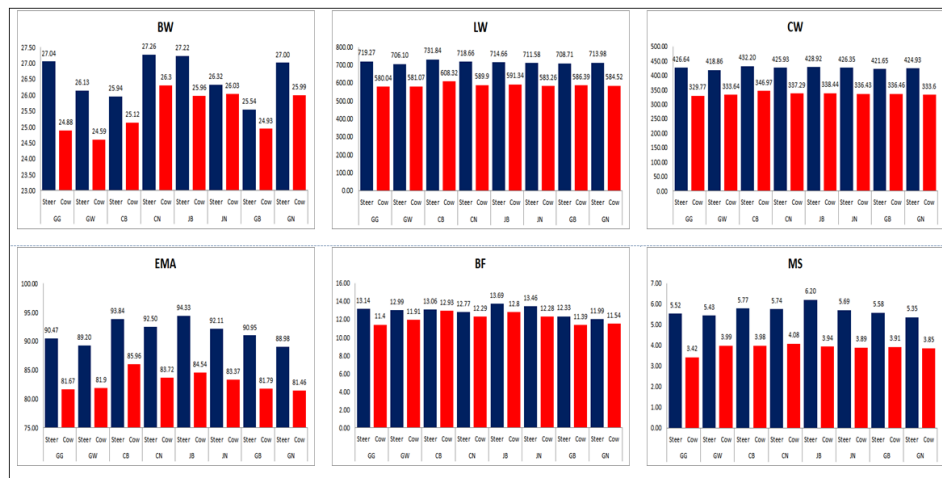


Figure 6. Distribution of Region by sex

지역별 형질별 분석결과를 살펴보면 충청북도의 거세우와 암소의 출하체중 및 도체중, 등심단면적의 능력이 다른 지역에 비하여 가장 우수한 것으로 나타났다. 형질별로 살펴보면 거세우의 출하체중과 도체중, 등심단면적이 각각 731.84 ± 70.99 kg, 432.20 ± 46.60 kg, 93.84 ± 11.00 cm²로 나타났으며, 암소에서는 608.32 ± 69.94 kg, 346.97 ± 46.00 kg, 85.96 ± 11.33 cm²로 나타났다. 이는 한해 도축두수가 가장 많은 도축장이 충청북도 음성군에 위치하여 도축을 위한 이동거리가 타 지역에 비하여 상대적으로 짧아 이동 시 발생하는 체중손실이 상대적으로 적기 때문인 것으로 사료된다.

생시체중의 경우 거세우와 암소에서 모두 충청남도가 각각 27.26 ± 1.84 kg, 26.30 ± 1.94 kg로 가장 높은 것으로 나타났으며, 근 내지방도의 경우 전라북도 지역의 거세우가 6.20 ± 2.01 점으로 가장 높았고, 충청남도의 암소가 4.08 ± 2.78 점으로 가장 높았다. 타 연구결과를 살펴보면 정(2017)은 거세우를 대상으로 한 연구에서 충청남도 개체들의 성적이 가장 낮은 것으로 보고하였고, 전라북도, 충청북도, 경상북도의 개체들이 상대적으로 우수한 것으로 보고하였다. 본 연구에서 나타난 전체적인 성적을 살펴보면 강원도 지역의 거세우와 암소의 능력이 가장 떨어지는 것으로 나타났는데 이는 수집된 자료의 수가 적기 때문인 것으로 판단된다.

Table 8과 9 및 Figure 7과 8에는 거세우 및 암소에 대한 생년별 기초통계량과 추세를 나타내었다. 거세우와 암소의 출생년도 가 거세우는 2002년부터 2018년까지로 나타났으나, 암소는 2005년부터 2018년까지로 나타났다. 결과를 살펴보면 거세우와 암소에서 등지방두께를 제외한 생시체중, 출하체중, 도체중, 등심단면적, 근내지방도 형질이 증가하고 있는 것으로 나타났다. 형질별 연도별 개량정도를 살펴보면 거세우는 생시체중이 연간 1.6 kg가량 증가하는 것으로 나타났고, 출하체중 6.09 kg, 도체중 2.96 kg, 등심단면적 0.82 cm², 등지방두께 0.04 mm, 근내지방도 0.09점 가량 증가하고 있는 것으로 나타났다. 암소에서는 생시체중 0.08 kg, 출하체중 5.02 kg, 도체중 3.41 kg, 등심단면적 0.69 cm², 등지방두께 0.32 mm, 근내지방도 0.09점 가량 증가하고 있는 것으로 나타났다. 또한 거세우의 개량증가폭이 도체중과 등지방두께를 제외한 모든 형질에서 높은 것으로 나타났는데 이는 거세우와 암소의 사육목적이 고기소와 후대축 생산용으로 사육되어 고기소로 사육되는 거세우의 경우 도축개월령 및 사양방법이 번식으로 사용되다 도축되는 암소의 사양방법에 비하여 도체형질에 영향을 크게 미치기 때문인 것으로 판단된다.

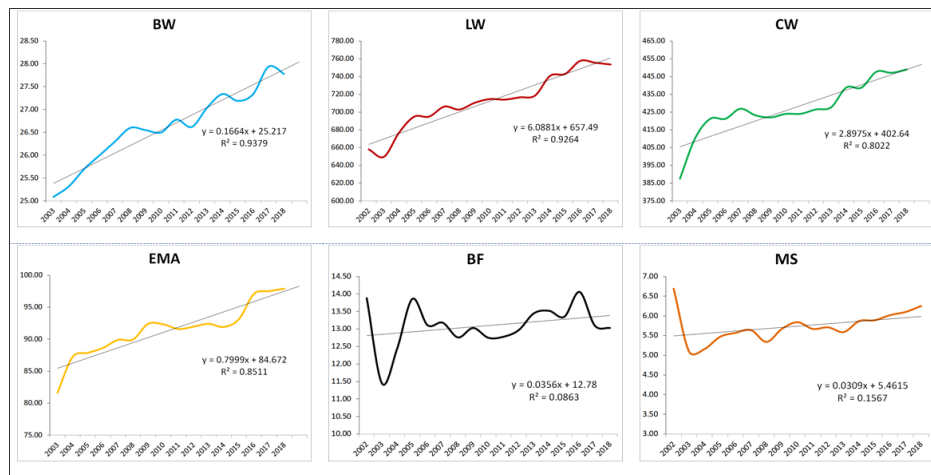


Figure 7. Trend of each traits by birth year (Steer)

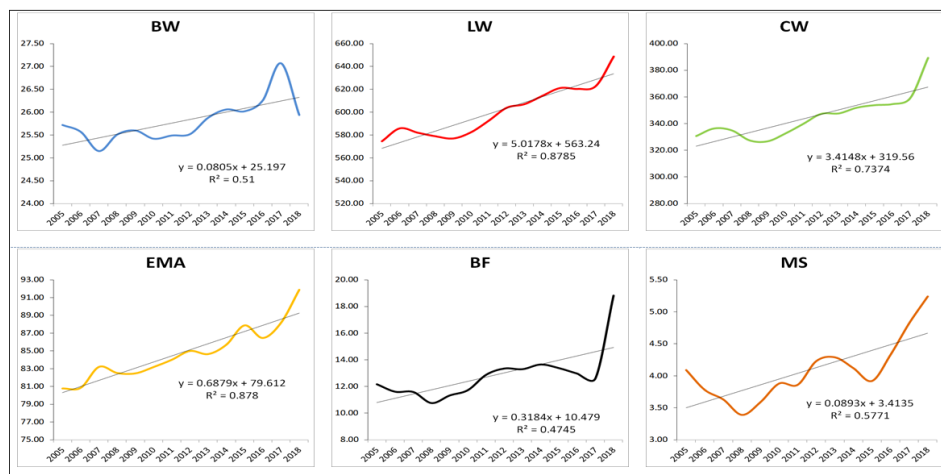


Figure 8. Trend of each traits by birth year (Cow)

Table 8. Basic statistic for traits by birth year in steer

Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Obs	32	33	25	235	876	2,517	4,202	6,788	9,544	10,369	3,581	1,868	2,379	1,689	1,363	1,281	231
BW	25.63±	25.09±	25.32±	25.70±	26.00±	26.30±	26.60±	26.55±	26.50±	26.78±	26.62±	27.04±	27.34±	27.19±	27.34±	27.94±	27.78±
	1.31	0.72	1.35	1.51	1.68	1.75	1.51	1.53	1.63	1.68	1.70	1.96	1.64	1.90	2.03	1.93	2.03
LW	658.13±	649.70±	676.72±	694.83±	694.97±	706.21±	702.92±	710.44±	714.68±	714.08±	716.65±	718.62±	740.82±	743.08±	757.76±	755.53±	753.62±
	52.08	60.92	49.12	59.01	63.91	64.26	64.75	65.64	67.10	67.33	67.64	68.61	69.71	69.99	68.57	70.93	64.83
CW	399.44±	387.55±	410.24±	421.24±	421.24±	426.92±	423.2±	422.03±	424.02±	424.07±	426.53±	427.72±	438.85±	438.76±	447.75±	447.13±	449.00±
	35.60	39.83	33.80	39.71	43.28	42.99	43.03	43.60	44.94	44.41	44.79	45.12	46.01	45.59	46.37	46.38	45.40
EMA	83.53±	81.64±	87.24±	87.87±	88.63±	89.90±	89.96±	92.41±	92.33±	91.6±	91.97±	92.41±	91.92±	93.14±	97.09±	97.51±	97.91±
	7.41	6.83	8.35	9.00	9.42	9.81	9.94	10.66	11.09	10.68	10.45	10.60	10.77	10.13	11.24	11.16	11.10
BF	13.88±	11.45±	12.44±	13.86±	13.11±	13.18±	12.76±	13.03±	12.75±	12.78±	12.97±	13.45±	13.52±	13.35±	14.06±	13.10±	13.03±
	4.60	4.76	5.55	4.89	5.00	5.02	4.91	5.11	5.09	4.75	4.56	4.49	4.48	4.51	4.22	4.36	4.26
MS	6.69±1.79	5.09±2.08	5.16±2.06	5.47±1.87	5.57±1.93	5.64±2.09	5.34±2.01	5.67±2.05	5.84±1.99	5.67±1.90	5.71±1.81	5.59±1.85	5.87±1.63	5.89±1.77	6.02±1.80	6.10±1.85	6.25±1.86

Table 9. Basic statistic for traits by birth year in cow

Obs	54	183	471	1,198	2,205	3,384	3,740	1951	830	572	362	157	17
BW	25.70±1.51	26.00±1.68	26.30±1.75	26.60±1.51	26.55±1.53	26.50±1.63	26.78±1.68	26.62±1.70	27.04±1.96	27.19±1.90	27.34±2.03	27.94±1.93	27.78±2.03
LW	694.83±59.01	694.97±63.91	706.21±64.26	702.92±64.75	710.44±65.64	714.68±67.10	714.08±67.33	716.65±67.64	718.62±68.61	743.08±69.99	757.76±68.57	755.53±70.93	753.62±64.83
CW	421.24±39.71	421.24±43.28	426.92±42.99	423.20±43.03	422.03±43.60	424.02±44.94	424.07±44.41	426.53±44.79	427.72±45.12	438.76±45.59	447.75±46.37	447.13±46.38	449.00±45.40
EMA	87.87±9.00	88.63±9.42	89.90±9.81	89.96±9.94	92.41±10.66	92.33±11.09	91.60±10.68	91.97±10.45	92.41±10.60	93.14±10.13	97.09±11.24	97.51±11.16	97.91±11.10
BF	13.86±4.89	13.11±5.00	13.18±5.02	12.76±4.91	13.03±5.11	12.75±5.09	12.78±4.75	12.97±4.56	13.45±4.49	13.52±4.48	14.06±4.22	13.10±4.36	13.03±4.26
MS	5.47±1.87	5.57±1.93	5.64±2.09	5.34±2.01	5.67±2.05	5.84±1.99	5.67±1.90	5.71±1.81	5.59±1.85	5.87±1.63	6.02±1.80	6.10±1.85	6.25±1.86
MS	6.69±1.79	5.09±2.08	5.16±2.06	5.47±1.87	5.57±1.93	5.64±2.09	5.34±2.01	5.67±2.05	5.84±1.99	5.71±1.81	5.59±1.85	5.87±1.63	5.89±1.77

Table 10 및 Figure 9, 10에는 거세우와 암소의 출생계절별 기초통계량을 나타내었다. 계절의 구분은 3월부터 5월생을 봄, 6월부터 8월생을 여름, 9월부터 11월생을 겨울, 12월생부터 이듬해 2월생까지를 겨울로 구분하였다.

Table 10. Basic statistic for traits by sex and birth season

Season	Traits	Steer			Cow		
		Obs.	Mean	SD	Obs.	Mean	SD
Spring	BW	10,224	26.66	1.68	3,418	25.55	1.44
	LW		712.32	67.09		590.42	69.03
	CW		425.16	44.25		337.56	45.78
	EMA		92.44	10.81		83.99	11.10
	BF		12.91	4.78		12.53	4.89
	MS		5.80	1.95		3.97	1.80
Summer	BW	18,546	26.78	1.73	6,544	25.56	1.50
	LW		719.59	69.12		594.43	70.09
	CW		429.35	45.28		340.35	46.22
	EMA		92.25	10.71		84.30	11.03
	BF		13.29	4.89		12.57	4.99
	MS		5.83	1.92		3.95	1.80
Autumn	BW	10,934	26.69	1.71	3,625	25.65	1.56
	LW		718.86	69.04		589.40	68.50
	CW		426.08	45.39		336.16	45.44
	EMA		91.54	10.83		83.45	11.11
	BF		12.79	4.88		11.83	4.84
	MS		5.55	1.93		3.84	1.79
Winter	BW	7,399	26.68	1.73	2,415	25.65	1.64
	LW		714.59	67.00		592.91	68.08
	CW		423.46	44.29		337.79	45.17
	EMA		91.55	10.60		83.60	10.99
	BF		12.62	4.73		12.30	4.97
	MS		5.54	1.94		3.69	1.75

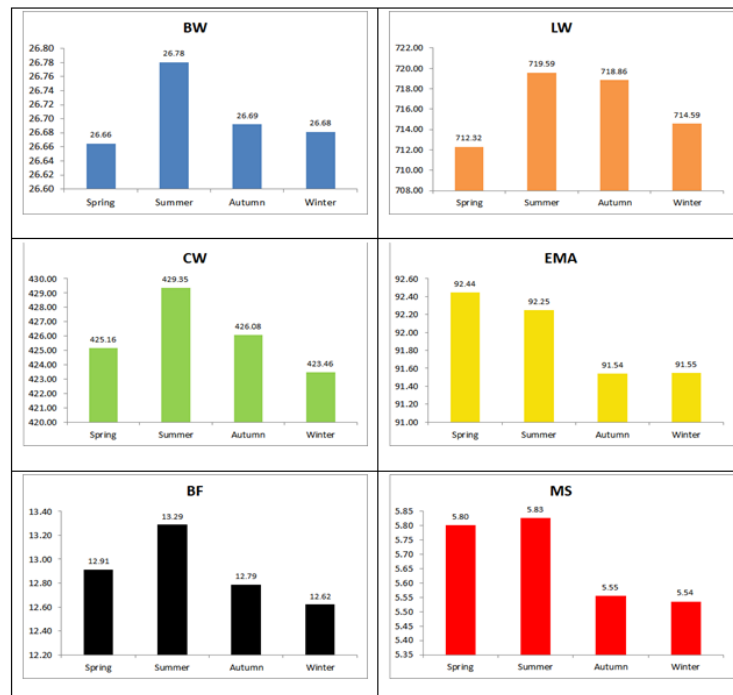


Figure 10. Means of each traits by birth season (Steer)

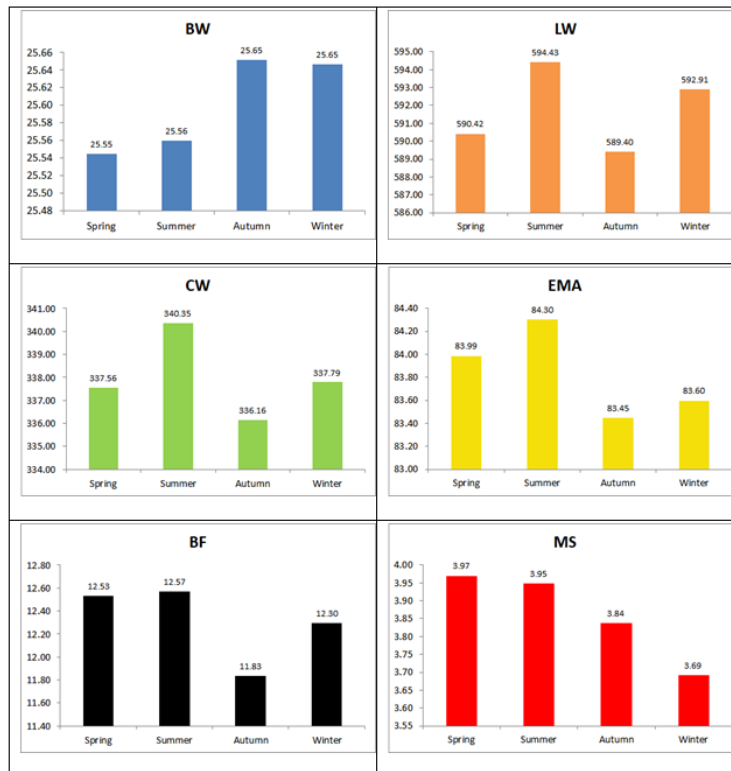


Figure 10. Means of each traits by birth season (Cow)

분석결과를 살펴보면 타 계절에 비하여 여름에 생산된 개체들의 성적이 거세우에서 생시체중과 출하체중, 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도는 각각 26.73 ± 1.73 kg, 719.59 ± 69.12 kg, 429.35 ± 45.28 kg, 92.25 ± 10.71 cm², 13.29 ± 4.89 mm, 5.83 ± 1.92 점으로 나타났고, 암소의 경우 25.56 ± 1.50 kg, 594.43 ± 70.09 kg, 340.35 ± 46.22 kg, 84.30 ± 11.03 cm², 12.57 ± 4.99 mm, 3.95 ± 1.80 점으로 나타났다. 출생계절 간 능력의 편차는 크지 않으나, 농가의 계절번식에 따라 다른 계절보다 봄-여름에 생산된 개체 두수가 비교적 많았고, 능력 또한 좋은 것으로 나타났다.

3) 환경효과 추정

생시체중과 도체형질에 영향을 미칠 것이라 판단되는 출생지, 출생년도, 출생계절의 동기군 및 도축일령에 대한 GLM (Generalized Linear Model) 분석을 SAS 9.1.3 Package program을 이용하여 실시하였다. Table 11과 12에는 각각 거세우와 암소의 분산분석 결과를 나타내었다. 분석결과를 살펴보면 생시체중은 거세우와 암소에서 모두 출생지역-출생년도-출생계절의 동기군과 도축일령의 환경효과에 대하여 고도의 유의적 차이($P < .001$)를 나타내었다.

Table 13와 14에는 각각 거세우와 암소의 형질 간 표현형상관 분석결과를 나타내었다.

거세우의 형질 간 표현형상관 분석결과를 살펴보면 생시체중과 출하체중 및 도체중, 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께 형질에서 각각 0.08, 0.08, 0.05, 0.04, 0.04로 상관관계가 거의 없는 것으로 나타났으나, 출하체중과 도체중, 등심단면적 사이의 상관관계는 각각 0.95, 0.46를 나타내어 고도의 정의 상관관계를 나타냈었다.

도체형질 간의 상관관계를 살펴보면 도체중과 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께 사이에서는 각각 0.50, 0.22, 0.37로 나타났으며, 등심단면적과 근내지방도, 등지방두께 사이의 상관관계도 각각 0.43, 0.09으로 나타났고, 근내지방도와 등지방두께 사이에서 0.15로 나타나 도체형질 간의 표현형상관관계는 매우 큰 것으로 나타났으나, 등심단면적과 등지방두께 사이에서는 상관관계가 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 11. Analysis of variances among the each traits to effects (Steer)

Source [*]	HYS			C_days		
	DF	MS	FV	DF	MS	FV
LW	3.40	46313.44	10.73 ^{**}	1	4670673	1082.29 ^{**}
CW		14867.12	7.82 ^{**}		1861034	978.95 ^{**}
EMA		1162.75	10.81 ^{**}		23810.5	221.33 ^{**}
MS		26.54742	7.42 ^{**}		624.1846	174.37 ^{**}
BF		118.4724	5.22 ^{**}		5031.303	221.58 ^{**}
BW		103.7741	47.08 ^{**}			

^{*}HYS : herd-year-season, C_days : Carcass days, DF : degree of freedom, MS : mean square, FV : F-value, ^{**} $p < .0001$, ^{*} $p < 0.05$.

Table 12. Analysis of variances among the each traits to effects (Cow)

Source [*]	HYS			C_days		
	DF	MS	FV	DF	MS	FV
LW	262	22210.94	5.12 ^{**}	1	3542524	817.3 ^{**}
CW		9270.67	4.79 ^{**}		1025642	529.84 ^{**}
EMA		364.30	3.11 ^{**}		22896.26	195.28 ^{**}
MS		10.80	3.49 ^{**}		1.22	0.39 [*]
BF		102.89	4.55 ^{**}		9718.29	429.67 ^{**}
BW		32.35	17.76 ^{**}			

Table 13. Phenotypic correlations of the weight and carcass traits in steer

Traits	BW	LW	CW	EMA	MS
LW	0.08 ^{**}				
CW	0.08 ^{**}	0.95 ^{**}			
EMA	0.05 ^{**}	0.46 ^{**}	0.50 ^{**}		
MS	0.04 ^{**}	0.16 ^{**}	0.22 ^{**}	0.43 ^{**}	
BF	0.04 [*]	0.30 ^{**}	0.37 ^{**}	0.09 ^{**}	0.15 ^{**}

^{**} $p < .0001$, ^{*} $p < 0.05$

Table 14. Phenotypic correlations of the weight and carcass traits in cow

	BW	LW	CW	EMA	MS
LW	0.03 ^{**}				
CW	0.04 ^{**}	0.96 ^{**}			
EMA	0.04 ^{**}	0.59 ^{**}	0.64 ^{**}		
MS	0.04 ^{**}	0.28 ^{**}	0.33 ^{**}	0.34 ^{**}	
BF	0.02 [*]	0.43 ^{**}	0.49 ^{**}	0.29 ^{**}	0.27 ^{**}

암소의 형질 간 표현형상관 분석결과를 살펴보면 생시체중과 출하체중 및 도체형질 간 상관관계가 거세우와 마찬가지로 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 출하체중과 도체형질 간 표현형상관관계 또한 거세우와 비슷한 상관관계를 나타내었으나 등심단면적과 등지방두께의 상관관계가 0.29로 중도의 정의 상관관계를 나타내었고, 근내지방도와 등지방두께 또한 0.27로 거세우와는 달리 중도, 저도의 정의 상관관계를 나타내었다. 선행 연구결과를 살펴보면 선 등(2012)은 도체중과 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께, 근내지방도 사이에서 각각 0.54, 0.36, 0.15로 나타나 본 연구의 결과보다 다소 낮게 추정된 것으로 나타났고, 정(2017)은 도체중과 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 사이에서 각각 0.534, 0.231, 0.390으로 나타났고, 등심단면적과 등지방두께 사이의 표현형상관이 0.132로 가장 낮게 나타났다고 보고하여 본 연구와 비슷한 결과를 나타내었다.

Table 15. Estimates of variance components, heritabilities, and log likelihood (LogL) values and likelihood ratio test (LRT) for comparable models for individual birth weight in steer

Components*	σ_a^2	σ_m^2	σ_{mpe}^2	σ_e^2	σ_p^2	h^2	LogL	LRT	Model comparison	DF	P-value
Model 1	0.69	0.70		1.08	2.46	0.28	858913.37	31.94	1 vs 2	1	NS
Model 2	0.72	0.64	0.05	1.06	2.46	0.29	858945.31				

*LogL : Log likelihood, LRT : χ^2 test statistic for the likelihood ratio test = $-2(\text{LogL}_{\text{reduced model}} - \text{LogL}_{\text{full model}})$, Model comparison = compared reduced model (Models 1) vs. full model (Model 2), DF : Degree of freedom for the χ^2 test statistic, NS : not significant.

Table 16. Estimates of variance components, heritabilities, and log likelihood (LogL) values and likelihood ratio test (LRT) for comparable models for individual birth weight in cow

Components*	σ_a^2	σ_m^2	σ_{mpe}^2	σ_e^2	σ_p^2	h^2	LogL	LRT	Model comparison	DF	P-value
Model 1	0.61	0.63		0.76	2.00	0.30	258970.32	6.24	1 vs 2	1	NS
Model 2	0.63	0.57	0.05	0.74	2.00	0.31	258976.56				

4) 유전모수 추정

한우 생시체중에 대한 최적의 모델을 우도비 검정(Likelihood Ratio Test)을 통하여 살펴보았으며, 각 모형식별로 추정된 분산 성분 및 유전모수 추정 결과와 최적을 모델 식을 찾아내기 위한 거세우와 암소의 검정 결과를 Table 19, 20에 보고하였다. 생시체 중의 경우 모체효과(Maternal effect)만을 포함한 모형식과 모체의 영구환경효과(Maternal permanent environment effect)를 포함한 모형식의 likelihood ratio test 결과 거세우와 암소 모두에서 두 모형 간 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 분석에 이용된 자료들 중 어미의 반복기록이 많지 않기 때문인 것으로 판단된다.

모형에 따른 거세우와 암소의 분석결과를 Table 17 ~ 20에 나타내었다. 분석결과를 살펴보면 첫 번째 모형(Model 1)에서 거세우의 생시체중, 출하체중, 도체중, 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께의 유전력이 각각 0.28, 0.67, 0.70, 0.41, 0.63, 0.48로 나타났고, 암소의 경우 각각 0.30, 0.34, 0.32, 0.20, 0.21, 0.37로 나타났다. 모체의 영구환경효과를 포함한 두 번째 모형(Model 2)의 결과를 Table 17 및 18에 나타내었다. 모체 영구환경효과가 포함된 생시체중에 대한 유전력이 거세우에서 0.29, 암소에서 0.31로 0.01의 유전력이 상승한 것으로 나타나 큰 변화를 보이지는 않았다. 이는 분석에 이용된 자료 중 어미의 반복기록이 많지 않아 큰 차이가 없는 것으로 판단된다. 생시체중에 대한 선행 연구결과를 살펴보면 이(2012)는 암소의 생시체중 유전력이 0.63이라고 보고하여 본 연구결과보다 높았고, 한(2002)이 한우개량단지에서 사육된 암소를 대상으로 보고한 생시체중의 유전력은 0.21로 본 연구결과보다 낮은 것으로 나타났다. Lopez 등(2019)은 1998년도 2월부터 2017년도 5월까지의 한우 생시체중을 이용한 분석에서 생시체중에 대한 유전력이 0.22라고 보고하여 본 연구결과 보다 낮은 것으로 나타났다.

Table 17. Variance components and heritability estimates of each traits by Steer (Model 1)

Components*	Model 1					
	BW	LW	CW	EMA	MS	BF
σ_a^2	0.69	3,396	1,576	47.66	2.56	11.96
σ_m^2	0.70					
σ_e^2	1.08	1,705	680.70	67.41	1.52	12.95
σ_p^2	2.46	5,101	2,256.70	115.07	4.08	24.91
h^2	0.28	0.67	0.70	0.41	0.63	0.48

* σ_a^2 : Additive genetic variance, σ_m^2 : Maternal variance, σ_e^2 : Residual variance, σ_p^2 : Phenotype variance, h^2 : Heritability.

Table 18. Variance components and heritability estimates of each traits by Steer (Model 2)

Components *	Model 2					
	BW	LW	CW	EMA	MS	BF
σ_a^2	0.72	3,388	1,573	47.61	2.56	11.95
σ_m^2	0.64					
σ_{mpe}^2	0.05					
σ_e^2	1.06	1,711	682.90	67.44	1.52	12.96
σ_p^2	2.46	5,099	2,255.90	115.05	4.08	24.91
h^2	0.29	0.66	0.70	0.41	0.63	0.48

* σ_a^2 : Additive genetic variance, σ_m^2 : Maternal variance, σ_e^2 : Residual variance, σ_p^2 : Phenotype variance, h^2 : Heritability.

Table 19. Variance components and heritability estimates of each traits by Cow (Model 1)

Components *	Model 1					
	BW	LW	CW	EMA	MS	BF
σ_a^2	0.61	1,553	659.3	23.64	4.88	1.21
σ_m^2	0.63					
σ_e^2	0.76	3,055	1,392	96.33	18.44	2.08
σ_p^2	2.00	4,608	2,051	119.97	23.32	3.29
h^2	0.30	0.34	0.32	0.20	0.21	0.37

Table 20. Variance components and heritability estimates of each traits by Cow (Model 2)

Components *	Model 2					
	BW	LW	CW	EMA	MS	BF
σ_a^2	0.63	1,551	658.3	23.60	4.88	1.21
σ_m^2	0.57					
σ_{mpe}^2	0.05					
σ_e^2	0.74	3,056	1,392	96.36	18.44	2.08
σ_p^2	2.00	4,607	2,050	119.96	23.32	3.29
h^2	0.31	0.34	0.32	0.20	0.21	0.37

해외의 연구사례를 살펴보면 Eriksson 등(2004)이 Charolais종과 Hereford종을 대상으로 한 연구결과에서는 각각 0.39, 0.43으로 보고하였고, Celso 등(2019)은 인도지방의 소인 Nellor cattle를 대상으로 한 생시체중의 유전력을 0.47로 보고하여 본 연구결과 보다 높은 결과를 나타내었다.

도체형질의 유전력에 대한 선행 연구결과를 살펴보면 이(2012)는 출하체중, 도체중, 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께의 유전력이 각각 0.47, 0.41, 0.06, 0.51, 0.42로 보고하여 본 연구결과 보다 출하체중, 도체중, 근내지방도, 등지방두께 형질에서는 높은 유전력을 나타내었고, 등심단면적 형질에서는 낮은 유전력을 나타내었으며, 정(2017)이 한우거세우를 대상으로 분석한 결과에 따르면 도체중, 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께에서 각각 0.24, 0.26, 0.22, 0.37로 보고하였으며, 선 등(2012)은 도체중, 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께의 유전력을 각각 0.24, 0.25, 0.21, 0.48로 보고하여 본 연구결과 보다 낮은 유전력을 나타내었다. 해외 연구사례를 살펴보면 Koots 등(1994)은 등심단면적과 등지방두께, 근내지방도에서 각각 0.26~0.57, 0.23~0.46, 0.27~0.54의 유전력을 나타내었다고 보고하여 본 연구결과와 비슷한 결과를 나타내었다. 국내의 연구결과와는 물론 해외의 연구결과들도 각자 다른 결과 값을 나타낸 것으로 보고하였는데 이러한 연구결과와의 차이는 연구에 이용된 자료의 구성 및 종의 차이, 사육환경이 다르기 때문으로 판단된다.

분석모형에 따른 각 성별, 형질별 유전상관을 Table 21 ~ 24에 나타내었다. 분석결과를 살펴보면 어미효과 및 어미의 영구환경효과에 따라 유전적 연관성이 큰 차이를 나타내지 않았다. 출하체중과 도체중 사이의 유전상관이 0.97으로 가장 높은 것으로 나타났고, 등심단면적과 등지방두께 사이의 유전상관이 0.06로 가장 낮은 것으로 나타났다. 또한 생시체중과 출하체중, 도체중, 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께 사이의 유전상관이 각각 0.39, 0.42, 0.40, 0.25, 0.24로 나타나 생시체중이 각 도체형질들과 연관성이 높은 것으로 나타나 생시체중을 이용한 도체형질 개량이 가능할 것으로 판단된다. 생시체중과 도체형질 간의 유전적 연관성 규명에 대한 국내의 연구자료가 존재하지 않아 해외의 선행 연구결과를 살펴보았다.

Hailin 등(2016)은 생시체중과 도체중 사이의 유전상관이 0.46으로 나타났다고 보고하여 본 연구결과와 비슷한 결과를 나타내었고, Eriksson 등(2004)은 Charolais종에서 생시체중과 도체중의 유전상관이 0.53, Hereford종에서 0.11로 나타나 Charolais 종에서는 본 연구결과와 비슷한 결과를 나타내었지만, Hereford종에서는 본 연구결과 보다 낮은 것으로 나타났다. 도체형질 사이의 유전상관에 대한 선행 연구결과를 살펴보면, 정(2017)은 도체중과 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께 사이에서 각각 0.34, 0.10, 0.28의 유전상관을 보였고, 등심단면적과 근내지방도, 등지방두께 사이에서는 유전적 연관성이 미미한 것으로 보고하여 본 연구보다 낮은 추정치를 나타내었고, Wilson 등(1993)은 도체중과 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께 간의 유전상관은 각각 0.47, -0.06, 0.38로 보고하여 도체중과 등심단면적, 등지방두께에서는 비슷한 결과를 나타내었으나 도체중과 근내지방도 사이에는 연관성이 없는 것으로 나타나 본 연구와는 상이한 결과를 나타내었고, 선 등(2012)은 도체중과 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께의 유전상관이 각각 0.53, 0.13, 0.37로 나타났고 등심단면적과 근내지방도, 등지방두께에서는 각각 0.36, -0.13으로 보고하여 본 연구의 결과보다 다소 낮게 추정되었으나 비슷한 수준인 것으로 나타났다.

Table 21. Genetic correlation among weight and carcass traits in Steer (Model 1)

Traits	BW	LW	CW	EMA	MS
LW	0.39				
CW	0.42	0.97			
EMA	0.40	0.53	0.58		
MS	0.25	0.17	0.24	0.61	
BF	0.24	0.42	0.49	0.06	0.11

Table 22. Genetic correlation among weight and carcass traits in Steer (Model 2)

Traits	BW	LW	CW	EMA	MS
LW	0.39				
CW	0.41	0.97			
EMA	0.40	0.53	0.58		
MS	0.25	0.17	0.24	0.61	
BF	0.24	0.42	0.49	0.06	0.11

Table 23. Genetic correlation among weight and carcass traits in Cow (Model 1)

Traits	BW	LW	CW	EMA	MS
LW	0.31				
CW	0.41	0.96			
EMA	0.44	0.57	0.64		
MS	-0.07	0.20	0.14	0.23	
BF	-0.02	0.28	0.32	0.01	0.16

Table 24. Genetic correlation among weight and carcass traits in Cow (Model 2)

Traits	BW	LW	CW	EMA	MS
LW	0.31				
CW	0.41	0.96			
EMA	0.44	0.57	0.64		
MS	-0.07	0.20	0.14	0.23	
BF	-0.01	0.28	0.32	0.01	0.16

CONCLUSION

한우의 생시체중은 개체가 태어나 가장 처음으로 검정되는 형질이다. 그러므로 가장 중요한 경제형질 중 하나로 판단되어야 마땅하지만 현재 한우의 주요 경제형질이라 함은 도체중, 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께를 나타내고 있다. 본 연구는 생시체중과 현재의 도체형질과의 연관성을 탐색하여 생시체중을 이용한 개량목표 설정의 기초자료로 이용하고자 실시하였다.

본 연구결과에 따르면 거세우에서 생시체중과 출하체중 및 도체중, 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께 사이의 표현형 상관은 각각 0.08, 0.08, 0.05, 0.04, 0.04로 나타났고, 암소에서는 각각 0.03, 0.04, 0.04, 0.04, 0.02로 나타나 성별에 상관없이 연관성이 없는 것으로 나타났다. 그러나 출하체중을 비롯한 도체형질 사이에는 비교적 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

유전모수 분석을 위하여 생시체중에 영향을 미치는 모체효과(Maternal effect)만을 포함한 모형식과 모체효과에 어미의 영구환경효과(Maternal environment effect)를 포함한 모형식을 이용하여 각각의 성별에 따른 모수를 추정하였다. 암소가 후대축에게 제공하는 환경적 능력이 다양하고 어미에 따른 영구적인 환경효과가 후대축에게 영향을 미칠 것이라 판단되었기 때문에 두 가지의 모형을 설정하여 비교해 보았다. 분석결과를 살펴보면 생시체중의 경우 거세우와 암소에서 두 모형에 따른 유전력은 각각 0.28, 0.29, 0.30, 0.31로 나타나 어미의 영구환경효과에 따른 차이는 크지 않은 것으로 나타났으며 이는 본 연구에 이용된 자료가 어미의 반복기록이 많지 않아 발생한 결과로 사료된다. 또한 생시체중의 경우 성별에 상관없이 0.28~0.31의 중도의 유전력을 나타낸 반면 출하체중 및 도체형질에서는 거세우가 0.41~0.70으로 고도의 유전력을 나타내었고 암소에서는 0.20~0.37으로 중도의 유전력을 나타내어 성별 간 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 고급육 생산을 목적으로 사육되는 거세우와 송아지 생산을 목적으로 사육되는 암소의 환경효과가 다르며, 도체형질 개량을 위해 사육되는 거세우의 환경효과가 도체형질에 미치는 영향이 크기 때문으로 판단된다. 특히 거세우의 출하체중 및 도체성적이 고도의 유전력을 보이는 만큼 유전적 개량효과가 상당히 빠를 것이라 사료된다.

유전상관은 거세우에서 출하체중, 도체중, 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께 사이에서 각각 0.39, 0.42, 0.40, 0.25, 0.24로 나타나 중도의 상관관계를 나타내었고 암소에서는 생시체중과 출하체중, 도체중, 등심단면적 사이에서 각각 0.31, 0.41, 0.44로 거세우와 마찬가지로 중도의 상관관계를 나타내었으나 근내지방도와 등지방두께 사이에서는 유전적 연관성이 없는 것으로 나타났다. 이는 거세우의 경우 비육시기 및 출하월령이 암소에 비하여 정형화 되어 있기 때문으로 판단된다.

본 연구의 분석결과에 따라 생시체중에 대한 유전력과 출하체중, 도체형질과의 유전적 연관성 결과를 토대로 생시체중이 각각의 도체형질과 연관성이 있는 것으로 나타나 향후 생시체중을 이용한 한우산업의 개량목표 설정 및 개량형질 설정에 기초자료로 이용할 수 있을 것이며, 이를 위해 번식형질(번식간격, 초종부 및 분만 일령, 분만난이도 등)간의 표현형 및 유전상관과 같은 추가적인 연구를 수행하기 위한 정확한 번식자료를 수집할 수 있는 체계가 확립되어야 할 것으로 사료된다. 이러한 일련의 작업들을 통해 생산 및 번식형질과 함께 도체형질에 대해 지속적으로 관심을 가지고 개량을 수행한다면 한우의 경제적 능력을 극대화시킬 수 있을 것이라 판단된다.

요약

본 연구는 암소검정사업으로 충남대학교에서 수집된 자료를 이용하여 한우의 생시체중과 도체형질간의 연관성을 탐색하여 생시체중 형질에 대한 개량목표 설정에 대한 기초자료로 사용하기 위해 수행되었다. 분석에 이용된 자료는 2002년도부터 2018년도까지 생산된 개체들의 생시체중 342,659건과 이 개체들에 대한 혈통등록자료 302,474두, 도체성적자료 387,961두를 분석에 이용하였다. 생시체중과 도체형질 간 상관관계를 추정하기 위하여, 형질에 영향을 미치는 환경요인을 고려하여 2개의 통계모형을 설정하여 각각 분석하였다. 모형에 따른 거세우와 암소의 분석결과는 첫 번째 모형(Model 1)에서 거세우의 생시체중, 출하체중, 도체중, 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께의 유전력이 각각 0.28, 0.67, 0.70, 0.41, 0.63, 0.48로 나타났고, 암소의 경우 각각 0.30, 0.34, 0.32, 0.20, 0.21, 0.37로 나타났다. 모체의 영구환경효과를 포함한 두 번째 모형(Model 2)의 결과는 거세우에서 0.29, 암소에서 0.31로 0.01의 유전력이 상승한 것으로 나타나 큰 변화를 보이지는 않았다. 본 연구결과에 따르면 거세우에서 생시체중과 출하체중 및 도체중, 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께 사이의 유전상관은 각각 0.39, 0.42, 0.40, 0.25, 0.24로 나타나 중도의 상관관계를 나타내었고 암소에서는 생시체중과 출하체중, 도체중, 등심단면적 사이에서 각각 0.31, 0.41, 0.44로 거세우와 비슷한 결과로 나타났다. 본 연구의 분석결과에 따라 생시체중에 대한 유전력과 출하체중, 도체형질과의 유전적 연관성은 생시체중이 각각의 도체형질과 연관성이 있는 것으로 나타나 향후 생시체중을 이용한 한우산업의 개량목표 설정 및 개량형질 설정에 기초자료로 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

색인: 생시체중, 도체형질, 유전모수, 연관성, 모체영구환경효과

REFERENCES

- 구양모, 김시동, 김정일, 송치은, 이가환, 정용호, 이재윤, 장현기, 박병호, 최태정, 조광현, 이승수, 이정규, 김효선. 2011. 한우 도체형질의 유전능력평가를 위한 통계모형 탐색. 한국동물자원과학회지. 53(4): 283-288.
- 김내수, 이종재, 주종철. 2006. MTDFREML 방법과 Gibbs Smmpling 방법에 의한 한우의 육질형질 유전모수 추정. 한국동물자원과학회지. 48(3):337-344.
- 김대중. 2010. 한우 번식우의 도체형질과 가격형질에 대한 유전모수 추정. 강원대학교 석사학위 논문.
- 김형철. 2012. 한우 암 수소 동시 개량을 위한 성장, 초음파 및 도체형질 관련 유전모수 추정. 강원대학교 박사학위 논문.
- 나승환, 백동훈, 신원집, 정창화, 정연후, 강수원. 1992. 한우의 주요 경제형질에 대한 환경요인의 효과. 한국동물자원과학회지. 34(1):1-9.
- 노승희. 2004. 한우의 도체형질 유전모수 추정을 위한 REML과 Bibbs Sampling방법의 비교 연구. 경상대학교 석사학위 논문.
- 선두원, 김병우, 문원근, 박재찬, 박철현, 구양모, 정용호, 이재윤, 장현기, 전진태, 이정규. 2010. 한우 도체형질의 환경효과 및 유전모수 추정. 농업생명과학연구. 44(6):83-89.
- 선두원. 2012. 한우 도체형질에 대한 환경효과, 유전모수 추정 및 가격에 대한 기여도 분석. 경상대학교 박사학위 논문.
- 손지현. 2020. 한우 유전능력 평가체계 및 육종가 정확도 개선 방안에 대한 연구. 한경대학교 박사학위 논문.
- 신철교. 2008. 육종가 기반의 한우 송아지 선발 방법에 관한 연구, 경상대학교 박사학위 논문.
- 이병철. 2013. 한우 성장 및 도체형질에 대한 유전모수 추정 연구. 전남대학교 박사학위 논문.
- 이재구, 최연호, 박병호, 최재관, 이승수, 나종삼, 노승희, 최태정. 2012. 한우 후대검정우 체중, 체적 및 도체형질간 상관분석. 농업생명과학연구. 46(1):123-131.
- 정용호. 2017. 한우의 선형심사 및 전장유전자좌위가 도체중에 미치는 연관성 탐색. 충북대학교 박사학위 논문.
- 최영선. 2012. 한우의 성장형질에 대한 유전적 특성 분석 연구. 전남대학교 석사학위 논문.
- 최재관. 2001. 한우에서 성장단계별 체중의 유전적 특성. 강원대학교 박사학위 논문.
- 최태정, 김시동, Agapita J. Salces, 백동훈. 2006. 한우의 성장 및 도체형질에 대한 유전모수 추정. 한국동물자원과학회지. 48(6):759-766.
- 한광진. 2002. 한우의 체중과 체척치에 대한 유전모수의 추정. 한국동물자원과학회지. 44(2):201-206.

- Arakawa, A., IWAISAKI, H. and Anada, K. 2009. Estimation of breeding values from large-sized routine carcass data in Japanese black cattle using Bayesian analysis. *J. Anim. Sci.* 80:617-623.
- Bailey CB, Mears GJ. 1990. Birth weight in calves and its relation to growth rates from birth to weaning and weaning to slaughter. *Can. J. Anim. Sci.* 1990;70:167-173.
- Beever JE, PD George, RL Fernando, CJ Stormont and HA Lewin. 1990. Associations between genetic markers and growth and carcass traits in a paternal half-sib family of Angus cattle. *J. Anim. Sci.* 68:337-344.
- Celso Koetz Junior, Vanerlei Mozaquatro Roso, Patricia da Cruz Fávaro, Gabriel Ribas Pereira, Marcelo Henrique Favaro Borges, Flávio Antônio Barca Junior, Júlio Otávio Jardim Barcellos, Edson Luis de Azambuja Ribeiro. 2019. Heritability estimation and genetic correlations for mature weight, visual scores, and growth traits in Nellore cattle. *R. Bras. Zootec.*, 48:e20170246.
- Eriksson, S., Nasholm, A., Johansson, K. and Philipsson, J. 2004. Genetic parameters for calving difficulty, stillbirth, and birth weight for Hereford and Charolais at first and later parities. *J. Anim. Sci.* 82:375-383.
- Hailin Su, Dorian J. Garrick, Bruce Golden, Lauren Hyde. 2016. Estimation of Genetic Parameters for Carcass Traits and Their Corresponding Ultrasound Measurements in Crossbred Beef Cattle. Iowa State University. Animal Industry Report.
- Koch RM, ME Dikeman, Henfyk Grodzki, JD Crouse and LV Cundiff. 1983. Individual and maternal genetic effect for beef carcass traits of breeds representing diverse biological types (Cycle I). *J. Anim. Sci.* 57:1124-1132.
- Koots, K.R., Gibson, J.P. & Wilton, J.W., 1994. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. *Anim. Breed. Abstr.* 62, 309-388.
- Lopez BI, Lee SH, Park JE, Shin DH, Oh JD, de las Heras-Saldana S, et al. 2019. Weighted genomic best linear unbiased prediction for carcass traits in Hanwoo cattle. *Genes.* 2019;10:1019.
- Lunt DK, RR Raley and SB Smith. 1992. Growth and carcass characteristics of Angus and American Wagyu steers. *Meat science.* 34:327-334.
- Meyer K. 1995. Estimates of genetic parameters for mature weight of Australian beef cows and its relationship to early growth and skeletal measures. *Livest. Prod. Sci.* 1995;44:125-137.
- Misztal I. 2007. BLUPF90 family of programs. University of Georgia. <http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/numpub/blupf90/> Accessed Jan. 2, 2007.
- Nephawe KA, Cundiff LV, Dikeman ME, Crouse JD, Van Vleck LD. Genetic relationships between sex-specific traits in beef cattle: mature weight, weight adjusted for body condition score, height and body condition score of cows, and carcass traits of their steer relatives. *J Anim Sci.* 2004;82(3):647-53.
- Neville WE, BG Mullinix Jr. and WC McCormick. 1984. Granding and rotational crossbreeding of beef cattle. III. Postweaning and carcass traits of steers. *J. Anim. Sci.* 58:47-56.
- Roh SH, JW Kim, SS Lee, EJ Lee, BH Park, TJ Choi, MN Park and JG Lee. 2017. Estimates of genetic parameter for carcass traits and chemical composition analysis in Hanwoo. *J Agric Life Sci.* 51:111-9.
- Smith, T., Domingue, J. D. Paschal, J. C. Franke, D. E. Bidner, T. D. and Whipple, G. 2007. Genetic parameters for growth and carcass traits of Brahman steers. *J. Anim. Sci.* 85:1377-1384.
- Veseth DA, WL Reynolds, JJ Urick, TC Nelsen, RE Short and DD Kress. 1993. Paternal Half-Sib Heritabilities and Genetic, Environmental, and Phenotypic Correlation Estimates from Randomly Selected Hereford Cattle1. *J. Anim. Sci.* 71:1730-1736.
- Wilson DE, RL Willham, SL Northcutt and GH Rouse. 1993. Genetic parameters for carcass traits estimated from Angus field records. *J. Anim. Sci.* 71:2365-2370.