



특정지역 브랜드 한우거세우의 도체형질에 대한 환경효과 분석 및 유전모수 추정

이동재, 윤두학*

경북대학교 축산BT학과

Estimation of genetic parameters and analysis of environmental effects on carcass traits of the Hanwoo brand steer

Dong Jae Lee, Duhak Yoon*

Department of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Sangju, 37224, Korea

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the environmental effects and genetic parameters on carcass traits (carcass weight, eye muscle area, backfat thickness and marbling score) of 8,027 commercial Hanwoo steers. The data was collected from 458 individual farms for 2007 to 2015 in Jeongeup area of Jeonbuk province. Environmental effects were subjected to ANOVA and genetic parameters were estimated using a multiple trait animal model and average information restricted maximum likelihood (AIREML) procedures. Mean and standard deviation for the CW, EMA, BFT and MS were 444.00 ± 45.11 kg, 96.26 ± 11.64 cm², 15.35 ± 5.47 mm and 6.88 ± 1.84 score, respectively with carcass traits significantly affected ($p < 0.001$) by slaughtered year, season and location. Estimated heritabilities for CW, EMA, BFT and MS were 0.52, 0.39, 0.39 and 0.47, respectively. Genetic correlation of CW with EMA, BFT and MS were estimated to be 0.42, 0.38 and 0.17, respectively. Genetic correlation of EMA with BFT and MS were estimated to be -0.03 and 0.41, respectively. Genetic correlation of BFT and MS were -0.02. These results could be useful as basic data for the improvement of Hanwoo in commercial farms.

Key words: Carcass traits, Genetic parameters, Local brand steer, Hanwoo

서론

우리나라 한우의 개량은 1980년 중반부터 국가단위로 본격적 추진되어 근 40여년간 괄목한 개량의 성과를 거두고 있다(가축 개량관련자료, 2021). 한우 능력검정사업(당대검정 및 후대검정)을 통한 보증씨수소의 선발과 암소검정사업을 통한 우량 암소의 선발 및 활용 등으로 이러한 성과에 기여한 바가 크다고 볼 수 있다.

*Corresponding author: Duhak Yoon

Department of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Sangju, 37224, Korea
Tel: +82-54-530-1227 Fax: +82-54-530-1229 E-mail: dhyoon@knu.ac.kr

Received: 29 September, 2021, Revised: 29 September, Accepted: 29 September, 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.

지난 수십년간 국가단위 유전능력평가는 도체성적 및 혈통정보를 개체모형(animal model)에 적용하여 유전모수를 추정해왔으며, 후대검정자료를 이용하여 도체형질의 유전모수를 추정하는 연구(윤 등, 2002; 최 등, 2006; 노 등, 2017)가 계속해서 진행되어지고 있다. 반면 혈통관리 및 환경요인에 대한 보정이 비교적 잘 되어있는 한우 후대검정사업의 검정우와 달리 일반 한우사육 농가의 경우, 어미소(암소)에 대한 농가기록 및 능력검정은 미비한 상태이므로 농가에서 보유한 자료로서는 유전능력평가가 현실적으로 어려웠다(한 등, 2018). 그러나 2000년대 쇠고기 생산이력제가 도입됨에 따라 개체번호, 등급판정결과 및 혈통등록 정보의 연계가 가능해져 전 지역의 거세, 비거세, 및 암소의 도체성적과 혈통정보를 확보할 수 있게 되었다(구 등, 2011). 이로 인해 각 지역의 생산자 단체 및 지방 행정기관에서는 지역단위 한우농가의 수익성을 향상시키기 위해 지역 내 사육중인 번식용 한우 암소개량에 관심 뿐 만아니라 지역브랜드 활성화를 위해 관심을 갖기 시작하였고(원 등, 2010), 일반농가 한우를 대상으로 도체형질에 대한 유전모수 추정연구(선 등, 2010; 당 등, 2013; 이 & 이 2016)가 지속적으로 보고되고 있다. 유전모수는 고정적이 않고 선발, 사양기술, 사육환경 등으로 인해 변화하기 때문에 정확한 유전능력을 평가를 위해서는 주기적으로 유전모수를 추정하여 변화정도를 관찰할 필요가 있다. 또한 개체능력이 검정된 보증씨수소의 정액이 전국 번식농가 암소에게 보급되는 체계이므로 일반 한우농가의 번식용 암소의 경우 유전적 자질이 지역 간 차이가 있을 것으로 사료된다. 그러므로 전반적인 한우의 개량은 경제적 효과와 더불어 크게 성장하였으나, 광역 또는 기초지역 및 생산단체별 개량의 성과에는 많은 차이가 존재하는 것도 사실이다(당 등, 2013; 한 등, 2018; 이 등, 2019). 한우의 개량효과, 추세를 비교하여 개량정책 및 제도의 개선을 위한 수단으로 활용함과 동시에 지역별 변화(변이) 등에 대한 비교평가로 한우개량을 위한 양호한 피드백을 제공하고자 한다.

따라서 본 연구는 일반농가 한우의 혈통 및 도체성적이 체계적으로 조사되고 있는 정읍지역 특정브랜드 조합농가로부터 수집한 거세우의 도체성적자료와 혈통정보를 이용하여 도체형질에 대한 환경효과 및 유전모수를 추정하고, 이를 타 지역을 대상으로 보고된 연구결과와 비교를 통해 한우의 효율적인 개량방향과 지역단위 한우개량의 기초자료를 제공하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

이번 연구는 2010년부터 2015년까지 정읍 단풍미인브랜드조합의 한우사육농가에서 평균 30개월령에 도축된 거세우 8,027두의 자료를 이용하였다. 개체 정보, 혈통정보 및 도체성적은 브랜드조합으로부터 제공받았으며, 전체 도축우 8,027두는 아버(sire)가 149두(약 54두/sire), 어미(dam)는 5,037두(약 1.6두/dam)로 구성되어 있었다. 분석에 사용된 도체형질은 도체중(Carcass Weight; CW), 등심단면적(Eye Muscle Area; EMA), 등지방두께(Backfat Thickness; BFT) 및 근내지방도(Marbling Score; MS)를 이용하였다. 환경효과 및 유전모수 추정을 위한 도축년도, 도축계절 및 도축지역별 빈도는 Table 1과 같다.

Table 1. Number of records of Hanwoo steer by year, season and location of slaughter

| Year of Slaughter | No. | Season of Slaughter | No. | Location of Slaughter | No. |
|-------------------|-------|---------------------|-------|-----------------------|-------|
| 2010 | 1,405 | Spring | 1,806 | Seoul | 1,384 |
| 2011 | 1,401 | Summer | 1,580 | Gyeonggi | 1,554 |
| 2012 | 1,255 | Fall | 2,065 | Chungbuk | 3,758 |
| 2013 | 1,813 | Winter | 2,576 | Jeonbuk | 1,156 |
| 2014 | 1,607 | | | Jeonnam | 138 |
| 2015 | 546 | | | Gyeongnam | 37 |
| Total | 8,027 | | 8,027 | | 8,027 |

2 통계분석

2.1 환경요인의 효과

본 연구에서 조사한 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에 영향을 미치는 도축년도, 도축계절, 도축지역 및 도축일령의 환경효과를 추정하기 위해 다음과 같은 선형혼합모형을 이용하여 최소제곱법(Harvey, 1979)으로 분석하였다.

$$Y_{ijkl} = \mu + YS_i + SS_j + LS_k + \beta_1 Age_{ijkl} (Cov) + e_{ijkl}$$

여기서,

Y_{ijkl} : i 번째 도축년도의 j 번째 도축계절의 k 번째 도축지역의 l 번째 개체에 대한 측정치

μ : 전체평균

YS_i : i 번째 도축년도의 효과($i=1, 2, \dots, 7$)

SS_j : j 번째 도축계절의 효과($j=1, 2, \dots, 4$)

LS_k : k 번째 도축지역의 효과($k=1, 2, \dots, 6$)

Age_{ijkl} : 도축일령의 공변이(Covariate)

e_{ijkl} : 임의오차의 효과

본 연구에서 설정한 선형모형은 R Package version 3.5.1을 이용하였고, GLM (Generalized Linear Model) 분석결과 제공되는 4가지 제곱합중에서 불균형된 자료에 적합한 TYPE III 제곱합을 이용하여 분산분석을 하였으며, 최소제곱 평균치간의 유의성 검정을 위하여 다음과 같은 귀무가설을 설정하고 유의수준 5%로 각각 검정하였다.

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

여기서,

$LSM(i(j))$: i(j)번째 효과의 최소제곱 평균치 ($i \neq j$)

2.2 유전모수 및 육종가의 추정

각 형질의 상가적 유전효과에 대한 유전모수를 추정하기 위한 분석모형은 다음과 같으며 종속변수는 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도를 동시에 고려한 다형질 개체모형(multiple trait animal model)을 설정하였다.

$$Y_{ijkm} = \mu_i + YS_{ij} + SS_{ik} + LS_{il} + Age_{ijkm} (Cov) + a_{ijkm} + e_{ijkm}$$

여기서,

Y_{ijkm} : i 번째 형질의 j 번째 도축년도의 k 번째 도축계절의 l 번째 도축지역의 m 번째 도축일령에 대한 측정치

μ_i : i 번째 형질의 전체평균

YS_{ij} : i 번째 형질의 j 번째 도축년도의 효과($j=1, 2, \dots, 7$)

SS_{ik} : i 번째 형질의 k 번째 도축계절의 효과($k=1, 2, \dots, 4$)

LS_{il} : i 번째 형질의 l 번째 도축지역의 효과($l=1, 2, \dots, 6$)

Age_{ijkm} : 도축일령의 공변이(Covariate)

a_{ijkm} : 개체의 임의효과 $\sim N(0, A\sigma^2_a)$

e_{ijkm} : 임의오차 $\sim N(0, I\sigma^2_e)$

이상의 다형질 혼합모형을 행렬에 의한 방정식으로 표기하면 다음과 같다(Henderson, 1984).

$$Y = Xb + Zu + e$$

여기서,

Y: 형질에 대한 관측치 벡터

X: 고정효과에 대한 계수행렬 $\sim N(0, A\sigma^2_a)$

Z: 임의효과에 관한 계수행렬

b: 고정효과에 대한 추정치 벡터

u: 개체에 대한 육종가 벡터

e: 임의 오차 벡터 $\sim N(0, I\sigma^2_e)$

이에 기초하여 혼합모형방정식(MME)을 다음과 같이 할 수 있다.

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

본 연구에서는 AI-REML (average information restricted maximum likelihood) algorithm을 바탕으로 전산 프로그램한 BLUPF90 (Misztal, 2002) 프로그램을 이용하여 유전모수를 추정하였으며, 수렴척도는 10^{-11} 이하로 분산 및 공분산을 구하였다.

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

$$r_G = \frac{\widehat{COV}_{a(i,j)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_a^2(i) \times \hat{\sigma}_a^2(j)}} (i \neq j)$$

$$r_P = \frac{\widehat{COV}_{p(i,j)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_p^2(i) \times \hat{\sigma}_p^2(j)}} (i \neq j)$$

여기서,

h^2 = 유전력

$\hat{\sigma}_a^2$ = 상가적 유전분산

$\hat{\sigma}_e^2$ = 잔차분산

r_G = 유전상관

r_P = 표현형상관이다

결과 및 고찰

1. 도체형질의 일반성적

본 연구에서 조사된 한우 거세우의 도체형질에 대한 기초통계량은 Table 2와 같다. 도체중(Carcass Weight; CW)의 평균 및 표준편차(CV; 변이계수)는 444.00 ± 45.11 kg (CV; 10.16)으로, 등심단면적(Eye Muscle Area; EMA)은 96.26 ± 11.64 cm² (CV; 12.09), 등지방두께(Backfat Thickness; BF)에서는 15.35 ± 5.47 mm (CV; 35.61), 근내지방도(Marbling Score; MS)는 6.88 ± 1.84 점(CV; 26.82)으로 분석되어 등지방두께와 근내지방도의 변이계수가 도체중이나 등심단면적 보다 2~3배 정도 높은 값을 보이고 있다. 이는 Crews 등(2003)은 Simmental 거세우 5,750두를 대상으로 도체중 348 ± 41.35 kg (CV; 11.88), 등심단면

적 $86.11 \pm 10.71 \text{ cm}^2$ (CV; 12.44), 등지방두께 $9.91 \pm 4.06 \text{ mm}$ (CV; 40.97), 및 근내지방도 5.01 ± 1.01 score (CV; 20.16)로 보고한 것과, Smith 등(2007)은 Brahman 거세우 430두를 대상으로 각각 도체중, 등심단면적 및 등지방두께에서 각각 $336.45 \pm 36.89 \text{ kg}$ (CV; 10.96), $85.98 \pm 8.72 \text{ cm}^2$ (CV; 10.14), $0.87 \pm 0.42 \text{ cm}$ (CV; 48.28)로 보고한 결과보다 등지방두께를 제외한 다른 형질에서 모두 증가되었으며, 변이의 폭도 유사하거나 감소하는 것을 알 수 있었다.

Table 2. General means and standard deviations for carcass traits of Hanwoo steers

| Traits | No. | Mean \pm SD | Min. | Max. | CV (%) |
|------------------------|-------|--------------------|------|------|--------|
| CW (kg) | 8,027 | 444.00 \pm 45.11 | 317 | 573 | 10.16 |
| EMA (cm ²) | 8,027 | 96.26 \pm 11.64 | 64 | 128 | 12.09 |
| BF (mm) | 8,027 | 15.35 \pm 5.47 | 1 | 31 | 35.61 |
| MS (score) | 8,027 | 6.88 \pm 1.84 | 1 | 9 | 26.82 |

CW: Carcass weight, EMA: Eye Muscle Area, BF: Backfat thickness, MS: Marbling score, SD: Standard deviation, CV: Coefficient of variation.

국내의 연구결과들을 살펴보면, 윤 등(2013)은 강원도 내 1개 군 단위에서 사육되어 2005년부터 2011년 사이에 출하 도축된 한우 거세우 17,249두에 대한 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도의 평균 및 표준편차는 각각 $437.0 \pm 48.70 \text{ kg}$ (CV; 11.14), $90.3 \pm 9.51 \text{ cm}^2$ (CV; 10.53), $12.1 \pm 4.32 \text{ mm}$ (CV; 35.86) 및 5.7 ± 1.86 점 (CV; 32.43)으로 보고하였고, 이&이 (2016)는 경북지역 19개 시군에서 사육되어 2009년부터 2012년까지 도축된 한우 거세우 5,843두에 대한 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도는 각각 $423.37 \pm 42.52 \text{ kg}$ (CV; 10.04), $90.39 \pm 9.45 \text{ cm}^2$ (CV; 10.45), $12.36 \pm 4.79 \text{ mm}$ (CV; 38.75) 및 5.34 ± 1.91 점 (CV; 35.77)으로 보고하였으며, 한 등(2018)은 전국에서 사육되어 2010년부터 2017년까지 16~60개월령 사이에 도축된 한우 거세우 53,992두를 대상으로 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도는 각각 $437.74 \pm 52.52 \text{ kg}$ (CV; 12.00), $94.34 \pm 13.85 \text{ cm}^2$ (CV; 14.68), $13.50 \pm 5.27 \text{ mm}$ (CV; 39.04) 및 5.94 ± 2.01 점 (CV; 33.84)으로 보고하였고, 이 등 (2019)은 강원도 내 8개 시군의 일반 농가에서 사육된 후 2004년 12월부터 2018년 3월까지 도축된 한우 거세우 도축 자료 100,743개의 분석결과는 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도는 각각 $430.77 \pm 50.86 \text{ kg}$ (CV; 11.81), $91.09 \pm 10.65 \text{ cm}^2$ (CV; 11.69), $13.29 \pm 5.17 \text{ mm}$ (CV; 38.91) 및 5.67 ± 1.88 점 (CV; 33.11)으로 보고하였으며, 노 등(2021)은 전국에서 사육되어 2004년에서 2020년까지 도축된 거세우 47,013두에 대해 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에서 각각 $426.77 \pm 44.99 \text{ kg}$ (CV; 10.54), $92.02 \pm 10.75 \text{ cm}^2$ (CV; 11.68), $12.99 \pm 4.85 \text{ mm}$ (CV; 37.34) 및 5.71 ± 1.94 점 (CV; 33.98)으로 보고하였다. 이들 보고 성적과 이번 연구결과를 비교해 보면, 도축 자료의 수집 범위, 즉 전국단위 및 지자체(광역 혹은 기초)단위에 따라 증감이 있지만 연도가 경과함에 따라 등지방두께를 제외한 모든 형질에서 증가되는 양상을 보였고, 가축개량목표(농림축산식품부 고시, 제2017-53호, 2017년 7월 12일)에서 한우의 2025년 목표인 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도의 평균은 각각 451 kg, 94 cm², 1.3 cm 및 6.3점 수준에까지 이르고 있음을 알 수 있으며, 가축개량관련자료(2021년)에서 2020년에 도축된 전국 한우 거세우 405,785두의 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도의 평균은 각각 447.4 kg, 95.0 cm², 13.5 mm 및 5.9점으로 보고한 성적과는 큰 차이를 볼 수 없다. 그렇지만 해당 한우브랜드는 등지방두께의 개량이 요구되어 진다. 또한 각 도체형질의 변이계수를 비교해보면 이전의 다른 연구보다 비교적 작은 값을 나타내어 어느 정도 균일화가 이루어지고 있음을 알 수 있으며, 이는 전국 단위의 성적이 아니라 단일지역 브랜드출하의 영향인 것으로 판단되며 해당 브랜드는 보다 더 육량 및 육질의 균일화가 요구되어 진다.

도체중 및 등심단면적의 변이계수보다 등지방두께와 근내지방도의 변이계수가 크게 나타났는데, 이런 결과는 한우를 대상으로 실시한 다른 연구 결과에도 나타나고 있으며(Hwang et al., 2014; Choi et al., 2015; Lee et al., 2016), 외국의 연구결과들에서도 유사한 현상이 보고되었다(Crews et al., 2008; Miar et al., 2014).

2. 환경요인의 효과

2.1 분산분석 및 유의성 검정

도체형질에 대한 환경요인의 유의성 검정 결과를 Table 3에 나타내었다. 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에 대한 환경효과들은 각 형질에 대해 모두 고도의 유의성 ($p < 0.001$)이 인정되었으며, 모델에 대한 적합성을 나타내는 R-squared 값은 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에서 각각 0.06, 0.13, 0.03 및 0.04으로 분석되어 노 등(2021), 당 등(2013) 및 구 등(2011)과 유사하였다.

Table 3. Analysis of variance for carcass traits of Hanwoo steers

| Source | df | Mean Squares | | | |
|--------------------------------|-------|--------------|------------|-----------|----------|
| | | CW | EMA | BF | MS |
| Year at slaughter | 6 | 21590.5*** | 1129.8*** | 366.7*** | 85.6*** |
| Season at slaughter | 3 | 30302.0*** | 1182.0*** | 290.7*** | 21.9*** |
| Location of slaughter | 5 | 19548.6*** | 15909.6*** | 152.6*** | 27.6*** |
| Age at slaughter ¹⁾ | 1 | 539733.0*** | 12684.0*** | 2684.0*** | 307.6*** |
| Residuals | 8,011 | 1917.3 | 117.6 | 29.1 | 3.3 |

CW: Carcass weight, EMA: Eye muscle area, BF: Backfat thickness, MS: Marbling score

¹⁾ Covariate

***: $p < 0.001$.

2.2 도축년도의 효과

Table 4는 한우의 도체형질에 대한 도축년도의 효과를 나타낸 것으로 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에서 각 효과의 최소 제곱 평균기간 유의성이 어느 정도 인정되었다. 도체중은 2010, 2011, 2015년에 유의적으로 높아 2011년 이후 감소하는 듯하였으나 다시 증가하는 추세를 보였으며, 등심단면적 및 등지방두께는 2010년도에 다소 유의적으로 높게 나타났으며 등심단면적은 연도에 따라 증감이 나타났고 등지방두께는 년도가 경과함에 따라 지속적으로 감소하는 추세를 보였고, 근내지방도는 2010년도에 가장 높게 분석되었으나 연도에 따라 증감이 나타났다.

이러한 결과는 한 등(2018) 및 박 등(2015)이 연도에 따라 증감이 다소 있지만 최근연도로 갈수록 도체형질이 상승하는 것으로 보고한 것과 문 등(2007)은 2000년도부터 2005년까지 출하된 일반 한우사육농가 한우 428,812두를 대상으로 도체형질에 대한 환경효과 분석 시 도축년도에 따라 도체형질에 유의적인 차이($p < 0.05$)가 나타났다고 보고한 것과 선 등(2010)은 2005년부터 2009년도에 경남지역에서 도축된 한우 22,954두를 대상으로 도축년도에 대한 효과에서 도체중과 등심단면적이 2009년도에 유의적으로 가장 높았다고 보고한 결과들과 유사하였다.

Table 4. Least-square means and standard errors for carcass traits by year at slaughter in Hanwoo steer

| Year at slaughter | CW (kg) | EMA (cm ²) | BF (mm) | MS (score) |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 2010 | 443.48 ± 4.751 ^a | 95.45 ± 1.177 ^a | 16.93 ± 0.559 ^a | 7.22 ± 0.197 ^{abc} |
| 2011 | 444.33 ± 1.904 ^a | 94.32 ± 0.472 ^a | 15.22 ± 0.290 ^{bc} | 7.17 ± 0.079 ^a |
| 2012 | 435.48 ± 1.914 ^b | 93.65 ± 0.474 ^{ab} | 15.21 ± 0.236 ^{bc} | 6.88 ± 0.079 ^b |
| 2013 | 437.92 ± 1.706 ^b | 91.98 ± 0.423 ^c | 15.02 ± 0.210 ^{bc} | 6.43 ± 0.071 ^d |
| 2014 | 438.02 ± 1.815 ^b | 93.64 ± 0.449 ^{ab} | 14.87 ± 0.224 ^c | 6.61 ± 0.075 ^{cd} |
| 2015 | 447.30 ± 2.481 ^a | 92.23 ± 0.615 ^{bc} | 14.74 ± 0.306 ^c | 6.75 ± 0.103 ^{bc} |

Note: Values with the different letters in the column are significantly different at $p < 0.05$.

2.3 도축계절의 효과

한우 거세우의 도체형질에 대한 도축계절의 효과는 Table 5와 같다. 조사된 형질 모두에서 최소제공 평균치간 유의적 차이를 보였으며, 도체중은 겨울에 446.35 ± 1.846 kg으로 가장 무거웠고, 여름에는 438.26 ± 2.009 kg으로 가장 낮았다($p < 0.05$). 이러한 결과는 Kim & Kim (2017) 및 선 등(2010)이 겨울이 가장 무거웠으며, 여름에 가장 낮았다고 보고한 결과와 일치하고, 박 등(2015)이 겨울과 봄이 가장 무거웠고, 가을이 가장 낮았다는 보고와는 약간 유사한 결과를 보이며, 한 등(2018)의 도축계절에 유의적 차이를 보이지 않은 결과 및 문 등(2007)이 봄과 여름이 가장 무거웠으며, 가을과 겨울이 낮았다고 보고한 결과와는 상반된 결과를 보였다. 이러한 차이는 도체형질자료의 수집 범위와 농장별 계절에 따른 상이한 번식과 사양관리, 사료 등 다른 요인들에 기인한 것으로 추정되어진다. 등심단면적 및 근내지방도는 봄을 제외하고는 비교적 높게 분석되었는데 한 등(2018)은 여름에 가장 높았다는 보고와 Kim & Kim (2017)은 계절의 효과가 비교적 적었는데, 가을에 가장 높았으며($p < 0.05$), 나머지 계절에서는 유사하였다는 보고와는 어느 정도 비슷한 결과를 보이지만, 박 등(2015)은 등심단면적과 근내지방도는 봄에 가장 높게 나타났다고 보고한 것 및 정 등(2012)은 한우 거세우 26,129두의 도체형질에 대한 출생년도-계절의 효과를 봄과 가을로 나눠 분석하였는데 도체중, 등심단면적은 봄에 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 근내지방도는 가을에 가장 유의적으로 높게 나타났다고 보고한 것과는 상반된 결과를 보였다.

등지방두께는 겨울에 유의적으로 높게 나타나, 한 등(2018)은 가을과 겨울에 가장 높았으며, Kim & Kim (2017)의 봄, 가을 및 겨울에 유의적으로 높은 것과 여름에 가장 얇았다는 보고와, 박 등(2015)의 겨울이 유의적으로 높게 나타났다는 보고, 그리고 선 등(2010) 및 문 등(2007)이 여름에 가장 등지방두께가 얇다고 보고한 결과와 일치하거나 유사하여 계절의 영향이 큰 것으로 분석되었다.

Table 5. Least-square means and standard errors for carcass traits by season at slaughter in Hanwoo steer

| Season at slaughter | CW (kg) | EMA (cm ²) | BF (mm) | MS (score) |
|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|--------------------|
| Spring | 438.37 ± 1.984^c | 92.81 ± 0.491^b | 15.49 ± 0.245^b | 6.74 ± 0.082^b |
| Summer | 438.26 ± 2.009^c | 93.58 ± 0.498^{ab} | 15.20 ± 0.248^b | 6.94 ± 0.083^a |
| Fall | 442.73 ± 1.893^b | 94.40 ± 0.469^a | 15.44 ± 0.233^b | 6.99 ± 0.078^a |
| Winter | 446.35 ± 1.846^a | 94.47 ± 0.457^a | 16.10 ± 0.227^a | 6.91 ± 0.076^a |

Note: Values with the different letters in the column are significantly different at $p < 0.05$.

2.4 도축지역의 효과

Table 6은 도체형질에 대한 도축지역의 효과를 알아보기 위해 최소제공평균을 표시하였다. 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도는 충북지역에서 다소 높게 나타났으며, 도체중은 서울과 경남지역을 제외한 지역 간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 문 등(2007)은 등지방두께 및 근내지방도에서 경남지역이 타 지역에 비해 유의적으로 높고, 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에서 전북지역이 타 지역에 비해 가장 낮다고 보고하여 본 연구결과와 다른 결과를 보였는데, 이는 도축지역의 환경 차이로 판단된다.

Table 6. Least-square means and standard errors for carcass traits by location of slaughter

| Location of Slaughter | CW (kg) | EMA (cm ²) | BF (mm) | MS (score) |
|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Seoul | 430.88 ± 2.195^b | 91.61 ± 0.544^c | 15.60 ± 0.271^{ab} | 6.86 ± 0.091^b |
| Gyeonggi | 444.55 ± 1.582^a | 94.26 ± 0.392^b | 15.15 ± 0.195^b | 6.83 ± 0.065^b |
| Chungbuk | 446.77 ± 1.366^a | 100.64 ± 0.338^a | 15.83 ± 0.168^a | 7.16 ± 0.056^a |
| Jeonbuk | 447.64 ± 1.621^a | 92.53 ± 0.401^c | 15.38 ± 0.200^{ab} | 6.94 ± 0.067^b |
| Jeonnam | 446.70 ± 3.958^a | 93.18 ± 0.980^{bc} | 14.51 ± 0.488^{ab} | 6.79 ± 0.164^{ab} |
| Gyeongnam | 432.03 ± 7.291^{ab} | 90.68 ± 1.806^{bc} | 16.87 ± 0.899^{ab} | 6.79 ± 0.301^{ab} |

Note: Values with the different letters in the column are significantly different at $p < 0.05$.

3. 유전모수 추정

Table 7은 도체형질에 대하여 AI-REML 방법으로 유전모수 및 유전력을 추정한 것으로 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도의 유전력은 각각 0.52, 0.39, 0.39 및 0.47로 분석되었다.

Table 7. Additive genetic, residual, phenotypic variances and heritabilities of carcass traits in Hanwoo steer

| Variance components | CW | EMA | BF | MS |
|--------------------------------------------|----------|--------|-------|------|
| Additive genetic variance (σ_a^2) | 1,078.50 | 47.73 | 11.78 | 1.64 |
| Residual variance (σ_e^2) | 987.18 | 75.80 | 18.15 | 1.86 |
| Phenotypic variance (σ_p^2) | 2,065.68 | 123.53 | 29.93 | 3.50 |
| Heritability (h^2) | 0.52 | 0.39 | 0.39 | 0.47 |

도체중과 근내지방도에서는 고도의 유전력을 가지는 것으로 분석되었으며, 등심단면적과 등지방두께는 중도의 유전력이 추정되었다. 한우의 유전모수 추정에 관한 연구는 다양한 축군에서 수행되어왔는데 일반농가 한우거세우를 대상으로 한 연구결과를 살펴보면, 손 등(2020)은 전국의 한우농가에서 사육하여 2009년부터 2019년까지 농가 4,040호로부터 출하 도축된 970,141두의 도축기록이 이용, 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도의 유전력은 각각 0.28, 0.28, 0.35 및 0.48로 추정하여 근내지방도를 제외하면 이번 연구결과보다 유전력이 낮게 추정되었고, 이 등(2019)은 100,743두의 거세우에서 유전력을 추정하였는데 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에서 각각 0.62, 0.41, 0.54 및 0.58로 보고하여 이번 결과보다 모든 형질에 높게 분석되었다. 한우 거세우에 대한 여러 연구의 유전력 추정치는 도체중이 0.19~0.50, 등심 단면적 0.17~0.47, 등지방 두께 0.20~0.49, 그리고 근내지방도가 0.23~0.62의 범위였으며(당 등, 2013; Hwang et al., 2014; Choi et al., 2015; Lee et al., 2016; 이와 이, 2016), 이번 연구결과와 비교하면 유사하거나 낮은 유전력의 추정치(도체중)를 보고하였으며, 이는 사육지역의 분포, 데이터 수집지역, 수집데이터의 크기 등 환경의 효과와 유전분석의 모형 차이 등에서 크게 작용한 것으로 사료된다. 그리고 유전력 추정치의 크기를 형질별로 살펴보면 도체중 및 근내지방도의 유전력이 등심단면적 및 등지방두께의 유전력 보다 크게 추정되었다, 이는 일반한우를 이용한 다른 연구의 결과와 유사한 경향이였다.

한편, 한우 후대검정우를 대상으로 한 연구에서 노 등(2017)은 후대검정우(47차~57차) 2,033두로부터 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도의 유전력은 각각 0.37, 0.51, 0.44, 0.57로 추정, 황 등(2008)은 국가단위 씨소수 선발용 후대검정우 집단의 유전력을 추정한 결과 도체중 0.30, 등심단면적 0.37, 등지방두께 0.44, 근내지방도 0.44로 나타났다.

최 등(2006)은 한우 후대검정우 1,819두를 대상으로 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에 대해 각각 0.32, 0.33, 0.51, 0.50으로 보고하였고, 노 등(2004)이 한우 후대검정우 1,536두의 도체형질에 대한 유전력 분석 결과 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에서 각각 0.28, 0.35, 0.39 및 0.51로 보고하였다. 이를 토대로 후대검정우를 대상으로 한 유전력의 범위는 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에서 0.28~0.37, 0.33~0.51, 0.39~0.51, 0.44~0.57로 이번 연구와의 비교시 도체중에서 일반한우가 높게 추정되었으며 나머지 형질에서 유사하거나 대체로 낮게 추정되었다. 이러한 차이는 우선 사육기간의 차이(24개월령 대비 약 30개월령)와 비육후기에 특정 사료위주의 집중적 사양관리 및 일반한우 농가축군이 국가단위 축군보다 환경효과가 매우 다양한 것과 암소 축군의 차이 등인 것으로 사료된다.

4. 유전 및 표현형 상관

도체형질 간의 유전상관을 살펴보면 도체중과 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도 사이에서 각각 0.42, 0.38 및 0.19로 나타났다, 등심단면적과 등지방두께 및 근내지방도는 -0.03 및 0.41로 분석되었다. 등지방두께와 근내지방도의 유전상관계수는 -0.02로 추정되었다(Table 8). 도체중과 등심단면적의 유전상관과 등심단면적과 근내지방도의 상관계수가 각각 0.42, 0.41로 높게 추정되었다. 노 등(2017)은 후대검정우(47차~57차) 2,033두로부터 도체중과 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도에서 유전상관이 각각 0.637, 0.116, 0.359로 나타났으며, 등심단면적과 등지방두께, 근내지방도 간의 유전상관은 -0.171, 0.401로, 등지방두

계와 근내지방도 사이는 -0.102로 각각 추정하여, 이번 연구결과와 일부 상반되거나 유사한 경향치를 보였다. 황 등(2008) 및 Choy et al (2005)에 의하면, 한우 후대검정우 도체형질 간 유전상관에서 도체중과 등심단면적, 등지방두께 그리고 근내지방도의 유전상관계수를 각각 0.63 및 0.69, 0.17 및 0.29, 그리고 0.06 및 0.19로, 등심단면적과 등지방두께 그리고 근내지방도의 유전상관계수는 -0.24 및 -0.09, 그리고 0.15 및 0.10으로 추정하였으며, 등지방두께와 근내지방도의 유전상관계수는 0.04 및 0.08로 보고하여 이번 연구결과와 완전 다른 결과를 보였다. 노 등(2004)은 한우의 도체중과 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도는 각각 0.651, 0.138, 0.410으로, 등심단면적과 등지방두께에서 -0.139로 부의상관을 등심단면적과 근내지방도는 0.156로 정의 상관을, 등지방두께와 근내지방도는 0.238로 보고하여 한우 후대검정우를 대상으로 한 도체형질별 유전상관 분석의 보고들 사이에도 다소 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이들을 이번 연구결과와 비교해보면, 등지방두께와 근내지방도의 유전상관이 연도가 경과함에 따라 정의 상관에서 부의 상관으로 변화되는 양상으로 나타났다.

Table 8. Genetic and phenotypic correlation between carcass traits for Hanwoo steer

| | CW | EMA | BF | MS |
|-----|------|------|-------|-------|
| CW | | 0.42 | 0.38 | 0.19 |
| EMA | 0.43 | | -0.03 | 0.41 |
| BF | 0.36 | 0.03 | | -0.02 |
| MS | 0.17 | 0.42 | 0.08 | |

Note: Genetic correlations are above and phenotypic correlations are below the diagonal.

노 등(2021)은 거세우 47,013두에 대해 도체형질 간 유전상관에서 도체중과 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 사이는 각각 0.58, 0.49, 0.24, 등심단면적과 등지방두께, 근내지방도 사이는 0.06, 0.61, 등지방두께와 근내지방도의 유전상관계수는 0.11로 보고하여 이번 연구의 결과보다 높게 추정되었으나 표현형상관은 유사한 수준으로 나타나 분석두수의 차이로 인한 환경분산의 영향인 것으로 사료되며, 손지현 등(2020)에서 도체형질 간의 유전상관을 살펴보면 도체중과 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 간의 유전상관계수는 0.43, 0.20, 0.14로, 등심단면적과 등지방두께, 근내지방도 간의 유전상관계수는 -0.29, 0.58로 추정되었고, 등지방두께와 근내지방도 간의 유전 상관계수는 -0.13로 추정하였다. 표현형 상관에서는 도체중은 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도와 0.50, 0.34 및 0.18로 추정 되었고, 등심단면적과 등지방두께, 근내지방도 간의 표현형상관계수는 0.11, 0.33으로 추정되었고, 등지방두께와 근내지방도 간의 표현형상관계수는 0.14로 추정되었다. 이 등 (2019)은 100,743두의 거세우에서 도체중과 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 간의 유전상관계수는 0.53, 0.43, 0.16로, 등심단면적과 등지방두께, 근내지방도 간의 유전상관계수는 -0.07, 0.44로, 등지방두께와 근내지방도 간의 유전 상관계수는 0.06으로 추정하였다. 이러한 결과들은 이번 연구결과와 상관계수가 높은 편이지만, 유사한 경향치를 보였는데, 도체중이 등심 단면적이거나 등지방두께와 비교적 큰 정의 상관 관계를 보였던 결과는 도체중 증가를 위한 개량을 진행하면 등심단면적이 넓어지고 등지방두께가 두꺼워지는 상관 반응이 나타남을 알 수 있으며, 특히 등심단면적과 등지방두께의 유전상관에서 부의 상관이 추정되었는데, 이는 손지현 등(2020), 이 등 (2019), Do et al. (2016)이나 Lee et al. (2018)와 유사하게 나타났다. 이와 이(2016)는 도체중과 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 간의 유전상관은 0.83, 0.19, 0.39로, 등심단면적과 등지방두께, 근내지방도 간의 유전상관은 0.18, 0.43으로, 등지방두께와 근내지방도 간의 유전상관은 0.11로 추정 보고하여, 이번 연구와 비교시 매우 다른 결과가 도출되었는데 특히 등심단면적과 등지방두께, 등지방두께와 근내지방도 간에 볼 수 있는데, 이들 형질들의 표현형상관은 유사한 결과이므로 전체분산에서 잔차분산의 영향으로 인한 것으로 고려된다. 이번 지역브랜드 출하우 자료의 분석에서 근내지방도와 등심단면적 및 도체중과 등심단면적의 유전상관이 0.41 및 0.42로 비교적 높게 분석되었고, 등심단면적과 등지방두께 및 근내지방도와 등지방두께의 유전상관은 약한 부의 상관(-0.03 및 -0.02)으로 분석되어 형질간 상반성을 일부 보이지만 다른 연구보고와 달리 단일지역브랜드로서 형질의 균일화 현상으로 이해할 수 있을 것으로 사료된다.

요약

이번 연구에서는 특정지역의 한우브랜드 거세우 8,027두의 도체형질에 대한 환경효과 및 유전모수를 추정하기 위해 실시하였다. 도체성적 자료는 2010년부터 2015년까지 전라북도 정읍지역의 단풍미인한우협동조합의 458농가로부터 수집되었다. 환경효과는 ANOVA를 이용하였으며, 유전모수는 다형질 개체모형과 AIREML을 사용하여 분석하였다. 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도의 평균 및 표준편차는 각각 444.00 ± 45.11 kg, 96.26 ± 11.64 cm², 15.35 ± 5.47 mm 및 6.88 ± 1.84 점으로 나타났다. 도축년도, 도축계절 및 도축지역이 도체형질에 유의적 영향을 주는 것으로 나타났다. 유전력은 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에서 각각 0.52, 0.39, 0.39, 0.47로 추정되었다. 도체형질 간 유전상관은 도체중과 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에서 각각 0.42, 0.38 및 0.19로 나타났으며, 등심단면적과 등지방두께 및 근내지방도에서 -0.03 및 0.41, 등지방두께와 근내지방도에서 -0.02로 분석되었다. 이러한 연구결과는 전국단위 로밍 지자체단위(광역 혹은 기초)의 한우 개량을 모니터링하기 위한 기초자료로서 유용할 것으로 사료된다.

색인: 한우, 지역단위브랜드, 거세우, 도체형질, 유전모수

ACKNOWLEDGEMENT

본 논문은 농촌진흥청 바이오그린연계 농생명 혁신기술개발사업 (과제번호: PJ 015658)의 지원에 의해 이루어진 것입니다. 출축들의 자료를 제공하여 주신 단풍미인한우협동조합 관계자분들께 깊은 감사를 드립니다.

REFERENCES

- Choi TJ, Alam M, Cho CI, Lee JG, Park B, Kim S, Koo Y & Roh SH. 2015. Genetic parameters for yearling weight, carcass traits, and primal-cut yields of Hanwoo cattle. *J. Anim. Sci.* 93: 1511-1521.
- Choy YH, Yoon HB, Choi SB & Chung HW. 2005. Genetic analysis of carcass traits in Hanwoo with different slaughter end-points. *Journal of Animal Science and Technology.* 47(5): 703-710.
- Crews Jr DH, Pollak EJ, Weaber RL, Quaas RL, & Lipsey RJ. 2003. Genetic parameters for carcass traits and their live animal indicators in Simmental cattle. *J. Anim. Sci.* 81: 1427-1433.
- Crews DH Jr., Enns RM, Rumph JM and Pollak EJ. 2008. Genetic evaluation of retail product percentage in Simmental cattle. *J. Anim. Breed. Genet.* 125: 13-19.
- Henderson CR. 1984. Applications of linear models in animal breeding. University of Guelph.
- Hwang JM, Cheong JK, Kim SS, Jung BH, Koh MJ, Kim HC & Choy YH. 2014. Genetic analysis of ultrasound and carcass measurement traits in a regional Hanwoo steer population. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 27: 457-463.
- Kim GW & Kim JH. 2017. Analysis of the influence of sex, slaughter season, and feeding system on carcass traits in Hanwoo. *Korean Journal of Agricultural Science* 44(3):375-383.
- Lee JG, Choi TJ, Choy YH, Kim S, Alam M, Choo H, Cho CI, Roh SH & Park B. 2016. A study on genetic parameters of primal cuts and carcass traits in Hanwoo. *J. Agric. Life Sci.* 50: 179-192.
- Miar Y, Plastow GS, Bruce HL, Moore SS, Durunna ON, Nkrumah JD and Wang Z. 2014. Estimation of genetics and phenotypic parameters for ultrasound and carcass merit traits in crossbred beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 94: 273-280.
- Misztal I. (2002). BLUPf90 family package. <http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/numpub/blupf90/docs/remlf90.pdf>
- Smith, T., Domingue, J. D., Paschal, J. C., Franke, D. E., Bidner, T. D., & Whipple, G. 2007. Genetic parameters for growth and carcass traits of Brahman steers. *J. Anim. Sci.* 85: 1377-1384.
- 가축개량관련자료. 2021년 7월. 국립축산과학원.
- 가축개량목표(농림축산식품부 고시, 제2017-53호, 2017년 7월 12일)

- 구양모, 김시동, 김정일, 송치은, 이기환, 정용호, 이재윤, 장현기, 박병호, 최태정, 조광현, 이승수, 이정규, & 김효선. 2011. 한우 도체형질의 유전능력평가를 위한 통계모형 탐색. 한국축산학회지. 53: 283-288.
- 노재광, 박찬혁, 손지현, 이기환, 도창희, 임현태, 이정규, 최태정, 구양모. 2021. 한우 도체형질과 생시체중의 유전모수 추정 및 연관성 규명. 동물유전육종학회지. 5(2) 71-93.
- 노승희, 김병우, 김효선, 민희식, 윤호백, 이득환, 전진태, & 이정규. 2004. 한우의 도체형질 유전모수 추정을 위한 REML과 Bayesian via Gibbs Sampling 방법의 비교 연구. 한국축산학회지. 46(5): 719-728.
- 노승희, 김진원, 이성수, 이은주, 박병호, 최태정, 박미나, & 이정규. 2017. 한우 도체형질 및 도체 일반성분 유전모수 추정. 농업생명과학연구. 51(4): 111-119.
- 당창권, 김형철, 장선식, 이정목, 홍영훈, 전기준, 연성흠, 강희설, 양보석, 홍성구, 이준현, & 이승환. 2013. 평창지역 거세출하우 자료를 이용한 유전모수 추정. 농업과학연구. 40(4): 339-345.
- 문원곤, 김병우, 노승희, 김효선, 정대진, 선두원, 김경남, 윤영탁, 정진형, 전진태, & 이정규. 2007. 한우 도체형질의 환경효과 및 유전모수의 추정. 한국동물자원과학회지. 49(6): 689-698.
- 박후락, 엄승훈, 박재해, 서자겸, 조성근, 신태순, 조병욱, 박현철, 이은주, 선두원, 임현태, 이정규, & 김병우. 2015. 경남지방 한우의 경락가격에 관여하는 요인별 기여도 분석. 농업생명과학연구. 49(6): 187-195.
- 선두원, 김병우, 문원곤, 박재찬, 박철현, 구양모, 정용호, 이재윤, 장현기, 전진태, & 이정규. 2010. 한우 도체형질의 환경효과 및 유전모수 추정. 농업생명과학연구. 44(6): 83-89.
- 손지현, 구양모, 정용호, 차대협, 김성진, 최태정, 박미나, 이득환 & 이지홍. 2020. 한우 암소의 유전능력평가를 위한 한우 도체형질의 유전모수 추정. 농업생명과학연구 54(6): 73-80
- 원정일, 김종복, & 이정규. 2010. 육질개량을 위한 한우번식우의 유전능력평가. 한국축산학회. 52(4): 259-264.
- 윤지환, 원정일, 이경수, 김종복, 이정규. 2013. 한우 거세우의 적정 출하월령 추정. 한국동물자원과학회지. 55(5): 405-416
- 윤호백, 김시동, 나승환, 장은미, 이학교, 전광주, & 이득환. 2002. 거세한우의 도체형질에 대한 유전모수 추정. 한국동물자원과학회지. 44(4): 383-390.
- 이윤석 & 이제영. 2016. 일반농가 한우의 도체형질에 관한 유전모수 추정. 한국데이터정보과학회지. 27(3): 741-747.
- 이창우, 송준석, 최정우 & 김종복. 2019. 한우 도체형질의 유전능력 평가에 영향을 미치는 성의 효과. 농업생명과학연구 53(3): 85-98.
- 정재경, 오윤택, 최호남, 이철학, 김강희, 김기양, 최연호, 김형철, & 황정미. 2012. 한우 거세우의 초음파 생체진단형질과 도체형질에 대한 지역과 출생년도 및 계절 효과 분석. 한국축산학회지. 54(4): 247-253.
- 최태정, 김시동, Agapita J. Salces, & 백동훈. 2006. 한우의 성장 및 도체형질에 대한 유전모수 추정. 한국동물자원과학회지. 48(6): 759-766.
- 한정민, 이윤석, & 공홍식. 2018. 한우의 경제형질과 관련된 유전능력 평가요인에 대한 효과. 한국데이터정보과학회지. 29(5): 1279-1286.
- 황정미, 김시동, 최연호, 윤호백, & 박철진. 2008. 한우 거세우의 도체형질에 대한 유전모수 추정. 한국동물자원과학회지. 50(5): 613-620.