

Research Article

Analysis of environmental effects and estimation of genetic parameters for carcass traits in Hanwoo steers produced through embryo transfer

Du Won Sun¹, Eun Ho Kim², Hyeon Kwon Kim³, Il Keun Kong², Jung Gyu Lee², Hyun Tae Lim^{2*}

¹Gyeongnam Animal Science & Technology, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Department of Animal Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³Poultry Research Institute, Rural Development Administration National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Korea

*Corresponding author: Hyun Tae Lim, s_hitim@gnu.ac.kr

ABSTRACT

This study estimated the environmental effects and genetic parameters for carcass traits of 2,309 Hanwoo steers produced through Embryo Transfer (ET) to confirm the performance improvement achieved. The data used for analysis collected information on offspring produced by ET from 2012 to 2020. SAS 9.4 GLM package was used to analyze the environmental effects affecting carcass traits, and genetic parameters were estimated using the REMLF90 program for heritability, genetic correlation, and phenotypic correlation. The collected Carcass Weight (CWT), Eye Muscle Area (EMA), Back-Fat Thickness (BFT), and Marbling Score (MS) were 505.2 ± 58.19 kg, 105.57 ± 13.41 cm², 12.76 ± 4.27 mm, and 7.25 ± 1.61 points, respectively. It was found that the environmental effect of growth area and slaughter month had a significant effect ($p < 0.01$) on carcass traits. Heritability was 0.51, 0.64, 0.36, and 0.59 in CWT, EMA, BFT, and MS, respectively, and high heritability was observed in all traits except BFT. Due to the characteristics of ET, it is considered that the effect of genetic improvement was more pronounced because there were many offspring with the same parents or the same father or mother. Therefore, it is judged that more efficient improvement effect and performance can be confirmed if an optimal environmental model is set based on the results of this study and used as basic data for breeding. If these results continue to accumulate, it is thought that it will be able to contribute to the increase in farm household income through the improvement effect.

Key words: Hanwoo, Ovum Pick Up, Genetic parameter, Environment effect, Genetic improvement

INTRODUCTION

한우산업은 1997년 IMF 경제위기와 2012년 한·미 자유무역협정(FTA)을 거치면서 한우의 경쟁력을 높이기 위해 육량에서 육질 위주의 개량체계 변화를 가속화하였으며, 그 결과로 거세우의 1등급 이상 출현율이 2012년 81.2%에서 2022년 90.8%까지 증가하였다 (KIAPOE, 2023). 또한, 축산물품질평가원에서 한우와 수입육의 육질에 대한 소비자 조사결과로 안정성, 신선도 그리고 근내지방도 부분에서 한우가 한우가 우수한 결과를 나타낸 것으로 보아(Sun et al., 2010; Choi et al., 2017), 한우의 개량이 성공적인 것으로 판단된다. 한우는 국가단위 검정체계인 당대검정과 후대검정을 이용하여 보증씨수소를 선발하며, 이를 통해 한우를 개량하고 한국의 고유품종으로 유지하고 있다. 한우 개량을 위한 유전능력평가는 혈통정보와 표현형정보를 활용하는 BLUP (best linear unbiased prediction) 프로그램을 이용하고 있으며, 이는 가축 개량에 큰 영향을 주었다(Parnell, 1984). 이러한 유전능력평가 모델을 통해 사육지역에 대한 유전모수 추정, 자료 구조에 대한 유전모수 추정 등 연구가 꾸준히 유지되고 있으며(Lee et al., 2019; Sun., 2021, Lee and Yoon, 2021), 한우

의 생산성에 영향을 미치는 환경요인들을 보정하는 모델식을 구축한다면 기존보다 효율적인 개량체계를 구축할 수 있을 것으로 보고되었다(Lee et al., 2015). 최근 육우와 젖소의 여러 경제형질에서 유전자(Quantitative trait locus, Gene express)와 환경(Heat stress, Temperature humidity index)의 상호작용효과에 대한 연구가 다수 보고되었으며(Pegolo et al., 2011; Williams et al., 2012; Chung et al., 2020; Landi et al., 2023), 이에 한우의 생산성에 영향을 미치는 환경요인들을 보정하는 모델식을 구축한다면 기존보다 효율적인 개량체계를 구축할 수 있을 것으로 보고되었다(Lee et al., 2015).

고능력 한우의 생산은 농가의 소득에 직결되는 문제로 생산성 향상은 반드시 필요하나, 한우의 번식은 자연교배 및 인공수정을 통해 1년에 한번 후대를 생산할 수 있어 단 기간에 높은 수익성을 얻기는 어려움이 따른다. 최근 이러한 생산성 문제를 개선하기 위해 수정란 이식 방법(Ovum Pick Up, OPU)을 사용하여 우수한 암소의 후대 생산량을 극대화 시키는 방법이 소개되었다. 이 기법은 초음파기구를 이용하여 살아 있는 암소의 난소에서 미성숙된 난자를 채취했고 체외에서 성숙(in vitro maturation)한 후 적정 정자를 통해 수정란을 생산하는 것으로 암소 한 마리에서 연간 11.9개의 난자 채취 및 3.6개의 수정란 생산으로 단 시간에 많은 양의 후대를 확보할 있다(Cho et al., 2017; Choi et al., 2019, Jil et al., 2021).

경남 G대학교에서 2012년부터 2020년까지 암소 중 후대성적 및 개체정보를 바탕으로 공란우를 선정한 후 OPU 방법으로 수정란을 생산하였고, 번식용 수란우에 수정시켜 한우를 생산하였다. 따라서, 본 연구는 수정란이식으로 생산된 후대축의 정보를 수집하였고, 도축된 거세우의 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에 대한 환경효과 분석 및 유전모수를 추정함으로써 수정란이식으로 생산된 한우의 개량정도를 파악하고자 실시하였다.

MATERIALS AND METHODS

공시재료 및 표현형정보

본 연구에 사용된 자료는 경남 G대학교에서 2012년도부터 2020년도까지 수정란 이식에 사용된 공란우 282두의 개체이력번호를 제공받았으며, 한국종축개량협회 및 축산물품질평가원에서 개체이력번호를 조회하여 개체정보, 후대정보, 혈통정보 등을 수집하여 수정란 이식으로 생산된 한우 7,997두의 후대축 집단을 구성하였다. 이후, 도축된 개체, 개체정보 불일치 등 이상치를 제거하여 최종적으로 2,309두를 분석에 사용하였다. 혈통정보는 한국종축개량협회에서 조회하여 3대까지 역추적한 후, 분석의 용이성을 위해 Sire, Dam, Animal 순으로 정렬하였고 최종적으로 5,093를 혈통자료로 분석에 사용하였다.

분석에 사용된 도체형질은 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도이며, 이는 농림축산식품부에서 고시한 제2014-4호 축산물등급판정 세부기준에 따라 도축 후 24시간 냉장 후 도체형질을 측정하였다. 도체중은 좌우 냉동체 중량의 합으로 측정하였고, 등심단면적은 좌우 흉추와 제 1요추 사이를 척추골과 직각으로 절개하여 최후 흉추쪽의 면적을 면적자로 측정하였다. 등지방두께는 등심단면적의 오른쪽면을 따라 복부쪽으로 3분의 2 들어간 지점을 측정하였으며, 근내지방도는 등심단면적 측정부위에서 근육 내 지방 침착도를 기준표(1 = 결여된 / 9 = 풍족한)와 비교하여 육안으로 측정하였다.

도체형질에 대한 환경효과 분석을 위해 도축년도, 도축계절, 사육지역, 출하개월령에 따라 분류하여 Table 1에 나타내었다. 분석의 용이성을 위해 개체 수가 적은 변수는 하나의 변수로 합쳤다. 2012년에서 2014년에 생산된 개체는 2014년, 2014년에서 2016년에 도축된 개체는 2016년, 출하개월령의 경우 26, 27개월령에 도축된 개체를 28개월령, 34, 35, 36개월령에 도축된 개체를 34개월령으로 변환하여 분석하였다.

Table 1. Number records of Hanwoo steer by effected

Slaughter year	No.	Slaughter season	No.	Slaughter month	No.	Area	No.
2016 Under	181	Spring	1134	28 Under	226	Gyeong-nam	1,160
2017	154	Summer	623	29	325	Gyeong-buk	1,149
2018	169	Autumn	215	30	444		
2019	435	Winter	337	31	480		
2020	324			32	393		
2021	380			33	245		
2022	502			34 Upper	196		
2023	164						
Total	2,309		2,309		2,309		2,309

No.: Number of observation

환경효과 분석

본 연구에서 사용한 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방에 영향을 미치는 도축년도, 도축계절, 출하개월령, 사육지역의 효과를 추정하기 위해 다음과 같은 선형혼합모형을 사용하여 최소제곱법으로 분산분석을 실시하였다.

$$Y_{ijkl} = \mu + SY_i + SS_j + Age_k + Place_l + e_{ijkl}$$

여기서, Y_{ijkl} = 각 형질의 관측치

μ = 전체 평균

SY_i = i 번째 도축년도의 효과($i=1,2,\dots,8$)

SS_j = j 번째 도축계절의 효과($j=1,2,\dots,4$)

Age_k = k 번째 출하개월령의 효과($k=1,2,\dots,7$)

$Place_l$ = l 번째 사육지역의 효과($l=1,2$)

e_{ijkl} = 각 측정치의 임의오차

본 연구에서 설정한 Linear model은 PC용 SAS Package Ver.9.4 (SAS Institute Inc.)를 이용하였고, GLM (Generalized Linear Model) 분석결과에서 제공되는 4가지 제곱합 중에서 불균형된 자료에 적합한 TYPE III 제곱합을 이용하여 분산분석 하였으며, 최소제곱 평균치간의 유의성 검증을 위하여 다음과 같은 귀무가설을 설정하고 유의수준 5%로 각각 검정하였다.

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

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

유전모수 추정

도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도를 고려한 다형질 개체모형에 대한 상가적 유전효과에 대한 유전모수 추정을 위하여 다음과 같은 혼합방정식 모형을 이용하였으며, 분석에 사용한 고정효과로는 동기군(출생연도, 계절과 사육지역), 도축일령을 공변이로 설정하여 실행하였다.

$$y_t = X_t \beta_t + Z_t u_t + e_t$$

여기서, y_t 는 t 번째 형질의 관측치에 대한 벡터, β_t 는 t 번째 형질에 대한 고정효과 벡터, u_t 는 t 번째 형질에 대한 임의 개체 효과 벡터, e_t 는 t 번째 형질의 임의 잔차 효과 벡터이며, X_t , Z_t 는 t 번째 형질의 관측치를 각각 고정 효과와 임의 개체 효과를 연결시키는 빈도

행렬이다. 본 연구에서는 EM-REML Algorithm 옵션이 가능한 AIREMLF90 (Miszta, 2001)을 이용하여 유전모수를 추정하였으며, 이 Package에서 잔차분산이 10^{-11} 이하로 수렴 될 때까지 반복 추정 하였다. 얻어진 분산-공분산 값을 이용하여 유전력과 유전분산은 다음과 같이 구하였다.

$$h^2 = \frac{\widehat{\sigma}_\alpha^2}{\widehat{\sigma}_\alpha^2 + \widehat{\sigma}_e^2}$$

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

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

여기서, σ_α^2 는 상가적 유전분산, σ_e^2 는 잔차분산, r_G 는 유전상관, r_P 는 표현형상관이다.

RESULTS AND DISCUSSION

기초통계량 분석

분석에 사용된 표현형자료는 평균적으로 30.9개월령에 도축된 2,309두이며, 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 순으로 평균 및 표준편차는 각각 505.2 ± 58.19 kg, 105.57 ± 13.41 cm², 12.76 ± 4.27 mm와 7.25 ± 1.61 점으로 나타났다(Table 2). 도체형질에 대한 선행연구를 살펴보면, Lee et al. (2022)은 441.21 ± 51.53 kg, 95.92 ± 12.10 cm², 14.41 ± 4.87 mm와 6.10 ± 1.84 점이며, Lee and Lee (2016)은 423.37 ± 42.52 kg, 90.39 ± 9.45 cm², 12.36 ± 4.79 mm와 5.34 ± 1.91 점으로 보고하였으며, 이는 등지방두께를 제외한 나머지 형질에서 본 연구보다 낮은 수준임을 확인하였다. 2022년 전국 한우 중 경락가격 상위 10%의 도체성적 평균은 457.8 ± 59.1 kg, 108.7 ± 13.3 cm², 12.4 ± 4.3 mm와 8.6 ± 0.7 점으로 도체중과 등심단면적이 본 연구보다 낮았고 등지방두께와 근내지방도는 유사하게 나타났다(KIAPOE, 2023). 본 연구에서 사용된 집단은 한우 중에서 경락가격 상위 10%와 유사한 성적을 가졌으며, 이러한 결과를 바탕으로 한우개량 및 암소선발에 활용한다면 기존보다 높은 개량 효율을 이끌어 낼 수 있을 것으로 판단된다.

환경효과의 분산분석 및 최소제곱법 결과

Table 3은 본 연구에서 사용된 도체형질에 대한 분산분석표를 나타낸 것이다. 사용된 효과는 도축년도, 도축계절, 출하개월령, 사육지역이다. 각 요인에 대한 유의성 검정 결과를 살펴보면, 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에 대한 환경효과들은 각 형질에 대해 모두 고도의 유의성($p < 0.01$)이 나타났다. Lee and Yoon (2021)는 2010년부터 2015년까지 정읍 브랜드조합의 사육농가에서 도축한 거세우 8,027두를 대상으로 환경효과에 대한 분산분석을 실시하였고, 그 결과는 본 연구결과와 유사하였다.

Table 2. Basic statistic of Hanwoo steer

Trait	No.	Mean	SD	Min	Max
CWT(kg)	2,309	505.20	58.19	323	679
EMA(cm ²)	2,309	105.57	13.41	67	148
BFT(mm)	2,309	12.76	4.27	2	26
MS(Point)	2,309	7.25	1.61	3	9

No., Number of observation; SD, Standard deviation.

한우의 도체형질에 대한 도축년도의 효과는 Table 4와 같다. 도체중은 연도에 따라 평균치가 증가하는 추세를 보였으며, 2023년에 도축된 개체들이 534.45 ± 4.48 kg로 유의적으로 높게 나타났다. 등심단면적은 2018년에 도축된 개체들이 107.9 ± 1.02 cm²로 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 그 이후 2023년까지 감소와 증가가 반복되는 것을 확인하였다. 등지방두께는 2021년에 도축된 개체들이 11.86 ± 0.22 mm로 유의적으로 우수하게 나타났으며, 등심단면적과 유사하게 증감이 반복되는 것을 확인하였다. 근내지방도는 2016년에서 2018년까지 감소하는 경향이 나타났지만, 2019년 이후 점차 증가하는 경향이 나타났다. 이러한 결과는 Han et al. (2018)과 Gu (2010)와 결과와 부합하였으며, 시간이 지남에 따라 긍정적인 방향으로 개량이 이루어지고 있는 것으로 판단된다.

한우의 도체형질에 대한 도축계절의 효과는 Table 5와 같다. 도체중은 봄에 도축된 개체들이 495.25 ± 2.73 kg로 가장 낮게 나타났고 여름에 도축된 개체들이 508.9 ± 2.75 kg로 가장 높게 나타났다. Lee and Yoon (2021)과 Sun et al. (2010)은 겨울에 가장 높게 나타났으며, 여름에 가장 낮게 나타났다고 보고하였는데, 이는 본 연구결과와 상반된 모습을 보였다. 등심단면적과 근내지방도는 여름과 가을에 도축된 개체들이 유의적으로 높게 나타났으며, 봄과 겨울에 도축된 개체들은 유의적으로 낮게 나타났는데, 이는 Han et al. (2018)이 보고한 내용과 유사하였다. 등지방두께는 겨울에 도축된 개체들이 13.24 ± 0.17 mm로 가장 높게 나타났으며, 여름과 가을에 유의적으로 낮게 나타났다. 등지방두께에 대한 선행연구를 살펴보면, Park et al. (2015)은 겨울이 유의적으로 높게 나타났다고 보고하였으며, Sun et al. (2010)은 봄과 겨울에 유의적으로 높게 나타났다고 보고하였는데, 이는 본 연구결과와 유사하였다. 이를 통해 도축되는 계절에 따라 각 형질에 대한 유의적인 차이가 나타났으며, 그 중에서도 여름철에 도축된 개체들이 능력이 우수한 것으로 나타났다.

Table 3. Analysis of variance of the carcass traits

Source	df	Mean squares			
		CWT	EMA	BFT	MS
Slaughter year	7	71606.66*	907.47*	96.96*	7.95*
Slaughter season	3	12725.18*	516.27*	41.14*	18.53*
Slaughter month	6	47933.37*	2074.46*	31.09*	12.46*
Growth area	1	149412.77*	4254.17*	106.64*	10.57*
Error	2,282	2993.34	171.37	17.75	2.54

CWT, carcass weight; EMA, eye muscle area; BFT, back-fat thickness; MS, marbling score; *, $p < 0.01$.

Table 4. Least-square means and standard errors according to slaughter year Hanwoo steer

Slaughter year	CWT(kg)	EMA(cm ²)	BFT(mm)	MS(Point)
2016 Under	477.96 ± 4.09^e	101.74 ± 0.98^c	13.2 ± 0.32^{ab}	7.32 ± 0.12^a
2017	479.11 ± 4.46^e	103.94 ± 1.07^{bc}	13.54 ± 0.34^a	6.9 ± 0.13^b
2018	494.86 ± 4.26^d	107.9 ± 1.02^a	13.05 ± 0.33^{abc}	6.88 ± 0.12^b
2019	501.91 ± 2.7^d	106.33 ± 0.65^a	13.33 ± 0.21^a	7.33 ± 0.08^a
2020	502.59 ± 3.07^d	106.2 ± 0.73^{ab}	12.31 ± 0.24^c	7.26 ± 0.09^a
2021	511.13 ± 2.88^c	107.48 ± 0.69^a	11.86 ± 0.22^d	7.4 ± 0.08^a
2022	519.11 ± 2.48^b	104.43 ± 0.59^b	12.6 ± 0.19^{bc}	7.22 ± 0.07^a
2023	534.45 ± 4.48^a	105.12 ± 1.07^{ab}	13.11 ± 0.34^{abc}	7.34 ± 0.13^a

CWT, carcass weight; EMA, eye muscle area; BFT, back-fat thickness; MS, marbling score

Table 5. Least-square means and standard errors according to slaughter season Hanwoo steer

Slaughter season	CWT(kg)	EMA(cm ²)	BFT(mm)	MS(Point)
Spring	495.25 ± 2.73^c	104.67 ± 0.65^b	12.92 ± 0.21^{ab}	6.98 ± 0.08^b
Summer	508.9 ± 2.75^a	107.03 ± 0.66^a	12.69 ± 0.21^b	7.48 ± 0.08^a
Autumn	505.37 ± 2.42^{ab}	105.26 ± 0.58^{ab}	12.64 ± 0.19^b	7.29 ± 0.07^a
Winter	501.06 ± 2.26^{bc}	104.6 ± 0.54^b	13.24 ± 0.17^a	7.08 ± 0.07^b

CWT, carcass weight; EMA, eye muscle area; BFT, back-fat thickness; MS, marbling score

한우의 도체형질에 대한 출하개월령의 효과는 Table 6과 같다. 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도는 출하개월령이 증가할수록 형질에 대한 평균값이 증가하는 경향을 보였으며, 도체중은 34개월령 이상에서 $522.73 \pm 4\text{kg}$, 등심단면적과 근내지방도는 33개월령에서 $108.79 \pm 0.88\text{cm}^2$, $7.59 \pm 0.11\text{점}$, 등지방두께는 32개월령에서 $13.31 \pm 0.22\text{mm}$ 로 유의적으로 높게 나타났다. Gu (2010)과 Sun (2012)은 출하개월령에 대한 도체형질 변화 추이를 나타낸 결과에서 시간이 지남에 따라 도체형질의 평균값이 증가한다고 보고하였으며, 이는 본 연구결과와 유사하였다. 이러한 결과를 통해 적정 출하개월령에 대한 각 형질의 개량 경향을 확인할 수 있을 것으로 판단된다.

한우의 도체형질에 대한 사육지역의 효과는 Table 7과 같다. 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도에서 경남에서 사육된 개체가 경북에서 사육된 개체보다 유의적으로 높게 나타났다. Lee and Yoon (2021)은 경남지역이 타 지역에 비해 모든 형질에서 유의적으로 낮다고 보고하였는데, 이는 본 연구결과와 상반되었다. 이러한 차이점은 도체형질 자료의 수집 범위와 농장에 따른 상이한 사양관리 및 여러 환경적 요인에 따른 차이점으로 생각된다.

유전모수 추정 결과

Table 8은 도체형질에 대하여 REML 방법으로 추정된 유전력, 유전상관 및 표현형상관을 나타낸 것으로 유전력은 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도에서 각각 0.51, 0.64, 0.36, 0.59로 추정되었다. 유전력에 대한 선행연구를 살펴보면, Kim et al. (2021)은 경남지역 한우 거세우 검정집단과 참조집단을 활용하여 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도의 유전력을 추정한 결과, 각각 0.587, 0.416, 0.476, 0.571로 보고하였다. Lee and Yoon (2021)은 정읍 브랜드조합에서 도축한 거세우 8,027두를 대상으로 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도의 유전력을 추정한 결과, 각각 0.52, 0.39, 0.39, 0.47로 보고하였고 Lee et al. (2019)은 강원도

Table 6. Least-square means and standard errors according to slaughter month of Hanwoo steer

Slaughter month	CWT(kg)	EMA(cm ²)	BFT(mm)	MS(Point)
28 Under	477.04 ± 3.85^d	100.24 ± 0.92^d	12.34 ± 0.3^c	6.83 ± 0.11^d
29	494.15 ± 3.28^c	102.82 ± 0.78^c	12.53 ± 0.25^b	6.97 ± 0.1^{cd}
30	496.45 ± 2.7^c	103.96 ± 0.65^c	12.73 ± 0.21^{abc}	7.22 ± 0.08^b
31	499.79 ± 2.61^c	106.14 ± 0.63^b	12.87 ± 0.2^{abc}	7.26 ± 0.08^b
32	510.53 ± 2.86^b	107.84 ± 0.69^{ab}	13.31 ± 0.22^a	7.2 ± 0.08^{bc}
33	517.79 ± 3.66^{ab}	108.79 ± 0.88^a	13.08 ± 0.28^{abc}	7.59 ± 0.11^a
34 Upper	522.73 ± 4^a	107.94 ± 0.96^{ab}	13.27 ± 0.31^{ab}	7.37 ± 0.12^{ab}

CWT, carcass weight; EMA, eye muscle area; BFT, back-fat thickness; MS, marbling score

Table 7. Least-square means and standard errors according to area of Hanwoo steer

Growth area	CWT(kg)	EMA(cm ²)	BFT(mm)	MS(Point)
Gyeong-nam	510.79 ± 1.76^a	106.77 ± 0.42^a	13.09 ± 0.14^a	7.27 ± 0.05^a
Gyeong-buk	494.49 ± 1.76^b	104.02 ± 0.42^b	12.66 ± 0.14^b	7.14 ± 0.05^b

CWT, carcass weight; EMA, eye muscle area; BFT, back-fat thickness; MS, marbling score

Table 8. Genetic parameters for carcass traits of Hanwoo steer

Trait	CWT	EMA	BFT	MS
CWT	0.51	0.52	0.42	0.45
EMA	0.51	0.64	0.15	0.74
BFT	0.32	0.07	0.36	0.23
MS	0.28	0.55	0.12	0.59

Diagonals: Heritability; Upper Diagonals: genetic correlation; Below Diagonals: phenotypic correlations; CWT, carcass weight; EMA, eye muscle area; BFT, back-fat thickness; MS, marbling score

내에 일반 농가에서 사육된 약 10만두를 대상으로 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도의 유전력을 추정된 결과, 각각 0.62, 0.41, 0.54, 0.58로 보고하였다. 본 연구결과와 비교하면, 도체중과 등지방두께는 다른 선행연구에 비해 유전력이 낮게 추정되었지만, 등심단면적과 근내지방도는 높게 추정되었다. 동일한 품종인 한우를 이용한 연구에서도 다양한 연구 결과가 차이나는데, 이는 분석에 사용된 집단의 구성 및 사양환경에 따른 차이로 판단된다(Lee et al., 2019; Sun., 2021).

도체형질에 대한 유전상관을 살펴보면, 도체중과 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 사이의 유전상관이 각각 0.52, 0.42, 0.45로 나타났으며, 등심단면적과 등지방두께, 근내지방도 사이의 유전상관은 0.15, 0.74로 나타났고, 등지방두께와 근내지방도 사이의 유전상관은 0.23으로 나타났다. 표현형상관을 살펴보면, 도체중과 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 사이의 표현형상관이 각각 0.51, 0.32, 0.28로 나타났으며, 등심단면적과 등지방두께, 근내지방도 사이의 표현형상관은 0.07, 0.55로 나타났고, 등지방두께와 근내지방도 사이의 표현형상관은 0.12으로 나타났다. 선행연구를 살펴보면, Noh et al. (2021)는 도체중과 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 사이의 유전상관이 각각 0.58, 0.49, 0.24로 도체중과 근내지방도 사이의 유전상관을 제외한 나머지 형질 간의 유전상관에서 본 연구보다 높게 추정되었다. Lee and Yoon (2021)은 등심단면적과 등지방두께, 근내지방도 사이의 유전상관이 각각 -0.03, 0.41이며, Lee et al. (2019)은 각각 -0.07, 0.44로 보고하였는데, 본 연구결과와 등심단면적과 등지방두께 사이의 유전상관에서 선행연구와 다른 정의 상관관계가 나타났고 근내지방도 사이의 유전상관은 본 연구결과에서 높게 나타났다. Sun et al. (2010)은 등지방두께와 근내지방도 사이의 유전상관은 0.36으로 본 연구결과보다 높게 나타났다. 표현형상관의 선행연구인 Kim et al. (2020)과 Do et al. (2016)에서 표현형상관의 수치는 서로 다르게 나타났지만, 모두 동일한 경향을 나타냈다.

CONCLUSION

본 연구는 수정란 이식으로 생산된 한우의 개량 경향을 확인하기 위해 거세우 2,309두의 도체형질에 대한 환경효과 및 유전모수를 추정하였다. 분석에 사용한 환경효과로는 도축년도, 도축계절, 출하개월령 및 사육지역이며, 분산분석을 실시한 결과, 환경효과가 각 형질에 대해 유의적인 영향($p < 0.01$)을 주는 것으로 나타났다. 유전력은 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도에서 각각 0.51, 0.64, 0.36, 0.59로 등지방두께를 제외한 형질들은 고도의 유전력을 나타내었다. 이는 수정란이식의 특성상 부모가 같거나 부모는 모가 같은 후대가 다수여서 유전의 효과가 더 잘 발현되어 개량을 통한 효과가 더 많이 나타난 것으로 사료된다. 따라서 본 연구결과를 바탕으로 최적의 환경모형을 설정하고 개체사육의 기초자료로 활용한다면 보다 효율적인 개량 효과 및 성과를 확인할 수 있을 것으로 판단되며, 향후에도 이와 비슷한 추가연구가 꾸준히 진행되어 결과를 확인할 필요가 있을 것으로 사료된다. 이러한 결과가 계속해서 축적된다면 개량효과를 통해 농가 소득 증대에도 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

CONFLICT OF INTERESTS

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

ACKNOWLEDGEMENTS

농촌진흥청(Rural Development Administration) 공동연구사업(과제번호: PJ0162182021)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Choi JS, Jeong JT, Lee JK, Choi YS, Jung MO, Choi YI. 2017. Effect of boiled feed on carcass characteristics of Hanwoo steers. *Bulletin of the Animal Biotechnology* 9:33-37. [in Korean]
- Chung YJ, Lee SH, Lee HK, Lim DJ, Wert JVD, Lee SH. 2020. THI modulation of genetic and non-genetic variance components for carcass trait in Hanwoo cattle. *Frontiers in Genetics* 11.
- Cho SR, Kang SS, Kim UH, Lee SD, Lee MS, Yang BC. 2017. Study on ovum-pick up for improvement of embryo transfer efficiency in Hanwoo cows. *Journal of Embryo Transfer* 32(3):147-151. [in Korean]
- Choi BH, Park BY, Kong RM, Son MJ, Park CS, Shin NH, Cheon HY, Yang YR, Lee JW, Jin JI, Kong IK. 2019. Effect of serum and serum free media on the developmental competence of OPU derived Bovine IVP embryo. *Journal of Animal Reproduction and Biotechnology* 34(4):305-310.
- 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 Science* 29(8):1083-1094.
- Gu YM. 2010. Research on the development of the genetic evaluation system on Hanwoo carcass traits. PD.D dissertation, Gyeongsang National Unvi., Jinju, Korean. [in Korean]
- Jil TC, Rahman MM, Pitchayapipatkul J, Mashitah SM, Nor Azlina AA, Raja Ili Airina RK. Viability of bovine opu-derived oocytes to honeybee as cryoprotectant. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 756:012063.
- KIAPQE (Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation). 2023. 2022 animal products grading statistical yearbook. KIAPQE, Sejong, Korea. [in Korean]
- Kim EH, Sun DW, Kang HC, Kim JY, Myung HC, Lee DH, Lee SH, Lim HT. 2021. A study of the genomic estimated breeding value and accuracy using genotypes in Hanwoo steer (Korean cattle). *Korean Journal of Agricultural Science*. 48(4):681-691. [in Korean]
- Landi V, Maggino A, Cecchinato A, Mata LFM, Bernabucci, Rossori A, Palo PD. 2023. Genotype by environment interaction due to heat stress in Brown Swiss cattle. *Journal of Dairy Science* 106(3):1889-1909.
- Lee CW, Song JS, Choi JW, Kim JB. 2019. Gender effect on the genetic evaluation of Hanwoo carcass traits. *Journal of Agriculture & Life Science* 53(3):85-98. [in Korean]
- Lee GH, Lee YS, Moon SJ, Kong HS. 2022. The accuracy of genomic estimated breeding value using a Hanwoo SNP Chip and the pedigree data of Hanwoo cows in Gyeonggi Province. *Journal of Life Science* 32(4):279-284. [in Korean]
- Lee YS and Lee JY. 2016. Estimation of genetic parameter for carcass traits in commercial Hanwoo steer. *Journal of the Korean data and information science society* 27(3):741-747. [in Korean]
- Lee DJ and Yoon DH. 2021. Estimation of genetic parameters and analysis of environmental effects on carcass traits of the Hanwoo brand steer. *Journal of Animal Breeding and Genomics* 5(3):113-123. [in Korean]
- No JK, Park CH, Son JH, Lee KH, Do CH, Lim HT, Lee JG, Choi TJ, Koo YM. 2021. Estimation of genetic parameters and identification of correlations between carcass traits and birth weight in Hanwoo. *Journal of Animal Breeding and Genomics* 5(2):71-93. [in Korean]
- Misztal I, Tsuruta S, Lourenco DAL, Masuda Y, Aguilar I, Legarra A, Vitezica Z. 2015. Manual for BLUPF90 family programs. http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all8.pdf (2022.07.25.)
- Parnell PF. 1984. Best linear unbiased prediction (BLUP) and the design of breeding programs. *Animal Production in Australia* 15:513-516.
- Pegolo NT, Albuquerque LG, Lobo RB, de Oliveira HN. 2011. Effects of sex and age on genotype x environment interaction for beef cattle body weight studied using reaction norm models. *Journal of Animal Science* 89:3410-3425.
- Park HR, Eum SH, Park JH, Seo JK, Cho SK, Shin TS, Cho BW, Park HC, Lee EJ, Sun DW, Lim HT, Lee JG, Kim BW. 2015. Contribution analysis of carcass traits on auction price in Gyeongsangnam-do Hanwoo. *Journal of Agriculture & Life Science* 49(6):187-195. [in Korean]
- Sun DW, Kim BW, Moon WG, Park JC, Park CH, Koo YM, Jeoung YH, Lee JY, Jang HG, Jeon JT, Lee JG. 2010. The estimation of environmental effect and genetic parameters on carcass traits in Hanwoo. *Journal of Agriculture & Life Science* 44(6) pp.83-89 [in Korean]
- SAS Institute Inc. 2016. SAS® 9.4 Language Reference: Concepts, Sixth Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Sun DW. 2012. Estimation for environmental effect and genetic parameters on carcass traits of Hanwoo and analysis of its contribution to price. PD.D dissertation, Gyeongsang National Univ., Jinju, Korean. [in Korean]
- Sun DW. 2021. A study on the estimation of genetic parameters on carcass traits in Gyeongnam Hanwoo. *Journal of Animal Breeding and*

Genomics 5(3):85-90. [in Korean]

Williams JL, Lukaszewicz M, Bertrand JK, Misztal I. 2012. Genotype by region and season interactions on weaning weight in United States Angus cattle. *Journal Animal Science* 90:3368-3374.

Han JM, Lee YS, Kong HS. 2018. The effect of the evaluation factor for genetic improvement associated with economic traits of Hanwoo. *Journal of the Korean Data and Information Science Society* 29(5):1279-1286. [in Korean]