

Research Article

Estimation of Genetic Parameters for Linear Classification Traits in Hanwoo cows Using Multiple Trait Animal Model

Min-Ki Lee¹, Sungjin Kim¹, Ji-Hyun Son¹, Jung-Jae Lee², Kwan-Suk Kim³, Yang-Mo Koo^{1*}

¹Genetic & Breeding Department, Korea Animal Improvement Association, Seocho, 06668, Korea

²JJ company, Jungang-ro, Pyeongtaek-si, 17894, Korea

³Department of Animal Science, Chungbuk National University, Cheongju-si, 28644, Korea

***Corresponding author: Yang-Mo Koo**, Genetic & Breeding Department, Korea Animal Improvement Association, Seocho, 06668, Korea, Phone : +82-2-588-9301, E-mail : greatman009@gmail.com

ABSTRACT

This study was conducted to analyze the statistical model of Hanwoo (Korean native cattle) cows linear classification trait, analyze the structure and environmental effects of linear classification data, and estimate genetic parameters for linear classification data by applying the analyzed environmental effects to use them as basic data for improving the body measurement and appearance of Hanwoo cows animals at the farm level. The data used in this study collected cows linear classification data that participated in the Hanwoo cows linear classification project promoted by the Korea Animal Improvement Association (KAIA) from 2014 to 2019 to quantify the body measurement of cows and use them for livestock improvement, selection, and culling. Among them, the most recent linear classification data was selected as analysis data, the previous data was deleted, outliers in the data were removed, and 369,723 Hanwoo cows suitable for Estimated Breeding Value (EBV) analysis were used. In addition, outliers were removed from the Hanwoo cows linear classification data, and the final score calculated by applying level and grade trait data and four data such as body height, body width, rump length, and pinbone width, which were found to have a high genetic correlation among 19 traits, was used. After removing outliers from the data, the most recent data was selected and used for analysis based on the linear classification month age when the linear classification data was repeatedly recorded for each parity. The least square mean analysis by linear classification trait showed that body height, which is most involved in body measurement and growth, steadily increased up to about 50 months, but there was no change thereafter. It was analyzed that the growth of Hanwoo cows ends on average when they are 50 months old, and the increase in body height slowed after the calf was produced. In the basic statistical analysis of linear classification traits, the average and standard deviation of body height, body width, rump length, pinbone width, and final score were analyzed as 6.22 ± 1.33 , 5.83 ± 1.22 , 5.88 ± 1.20 , 5.63 ± 1.32 and 80.0 ± 1.83 . To analyze the factors of environmental effects, the farm-birth year-birth season was set as one effect HYS (Herd-Year-Season) to establish the BCS (Body Condition Score), the classifier, the linear classification month, and the contemporary group, and a variance analysis was conducted to confirm that there was a high significant difference ($p < 0.001$) with traits in BCS, classifier, linear classification month, and HYS. In the estimation of the genetic parameters of linear classification traits for Hanwoo cows, the heritability of body height, body width, rump length, pinbone width, and final score were estimated to be 0.42, 0.18, 0.34, 0.25 and 0.37, respectively. In the analysis of the genetic correlation coefficient between linear classification traits, body height, body width, rump length, pinbone width, and final score were analyzed as 0.80, 0.96, 0.95 and 0.94, respectively, pinbone width and final score were analyzed as 0.84, 0.84, and 0.89, rump length and pinbone width and final score were 0.94 and 0.92, and pinbone width and final score were analyzed as having a high genetic correlation of 0.97. In the phenotypic correlation coefficient analysis, body height, rump length, pinbone width, and final score were analyzed as 0.39, 0.63, 0.54, and 0.70, respectively, while body width, rump length, pinbone width, and final score were 0.40, 0.48, and 0.65, and rump length, pinbone width, and final score were analyzed as 0.61 and 0.70, and pinbone width and final score were 0.73, showing a high correlation between the traits. In the future, continuous research on linear classification traits should be conducted to find out the ideal body type ability of Hanwoo cows for growth ability and fertility trait, and it is believed that the productivity of Hanwoo should

be improved through this.

key words: Hanwoo, Genetic Parameter, Linear Classification, Heritability, Genetic Correlation

INTRODUCTION

국외에서는 다양한 품종의 선형심사를 통해 선형형질 대한 유전적 선행연구로 선형형질에 대한 유전모수를 추정하여 가축의 선형형질을 통한 생산 형질과 번식 형질과의 관계에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. Vollema(1998)는 젖소(Dairy Cattle)의 유량 증가와 장수성을 위해 조기선발을 하기 위한 자료로 선형심사 형질을 활용하고 있다고 보고하였으며, 미국 농무부(USDA)에서도 유량, 유성분 등의 생산 형질에 대해 선형형질 평가 점수를 이용하여 유전능력 평가에 활용하고 있다. 또한 Dadati 등(1985)은 흉폭이 넓으면 내장 기관이 발달하여 조사료 급여량 증가하고 체형이 클수록 체중이 많이 나가며 고장이 길고 엉덩이 기울기가 적은 소에 대해서 난산율이 낮다고 보고하고 있어 이는 선형형질이 생산 형질과 번식 형질에 깊은 관계를 나타내고 있다는 것을 알 수 있다. 육우에 있어 선발 및 도태는 농장에서 간접적으로 성장형 질과 체척을 통해 수집된 자료로 개량했고 선형심사 및 외모심사에 관한 여러 연구논문이 보고(Forabosco et al, 2004; Gutierrez and Goyache, 2002; Napolitano et al, 2001; Thomson et al, 1981; Vanraden et al, 1990; Veerkamp et al, 2002; Weigel et al, 1997)되었다. 육우의 체형을 개량하면서 유전적 다양성을 효과적으로 보존하는 것이 필수적이다. 한우의 체형 형질 개량을 위해 1938년 한우 심사표준을 제정을 시작으로 대한민국 정부수립 이후 한우 개량을 위하여 1964년 농수산부고시 “종축 및 후보 종축 심사기준”이 제정되었다. 그리고 전국한우품평회를 개최하여 체형에 관한 관심을 높여왔고, 1969년 (사)한국종축개량협회의 가축 등록기관설립을 통해 가축에 대한 등록으로 구분하기 시작하면서 한우에 대한 혈통기록을 수집해왔다. 이후 가축 외모심사 기준에 대해 몇 차례 개정이 되었고 2008년도 한우의 선형심사도 입으로 인하여 2013년 한국종축개량협회 공고 제2013-05호(2013. 2. 5)으로 “가축 외모심사 기준” 개정하여 한우 외모심사는 9개 부위를 심사하는 것을 6개 부위를 심사하는 것으로 개정되어 오늘에 이르고 있다. 현재 한우 선형심사는 기초등록우 이상의 분만 기록이 있는 개체에 대하여 실시하고 있으며 크게 6개의 부위로 나누고, 선형심사 형질에 대해 19개 세부 부위별 심사하고 있으며 형질별로 9점제를 도입하여 점수를 부여하고 있다. 최근 선진국 간 FTA 체결과 수입자유화, 국제 사료 곡물 가격 상승 등으로 한우산업이 큰 위기에 직면하였고, 이러한 위기 속에서 근본적인 해결책인 개량이 더욱 필요한 상황이 되었다. 이를 해결하기 위한 개량 방법으로 우리 한우는 우량유전자 확보와 우량유전자를 이용한 지속적인 우수 후대축 생산 등과 같은 능력개량을 통해 국제경쟁력을 갖추므로써 농가소득을 증대시켜 한우산업을 꾸준히 발전시켜 나가야 할 것으로 판단된다. 최근 한우의 체형 형질에 따른 유전력 및 다른 경제형질과의 연관성 등에 대한 선행연구들이 보고되면서 체형개량에 대한 중요도가 높아지고 있다. 본 연구는 한우 선형심사 형질에 대한 일반능력 분석 및 통계모형을 탐색하여 심사자료의 구조를 파악하고 환경요인의 효과를 분석하여 표현형의 추세와 이에 따른 주요 환경효과를 분석하고 분석된 환경효과를 적용하여 선형심사 형질에 대한 유전모수를 추정하여 농가 단위 암소 개체의 체형 및 외모 개량을 위한 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

MATERIALS AND METHODS

1. 한우 선형심사 및 공시재료

1) 한우 선형심사

한우 선형심사는 19개 심사 대상 형질의 특징을 각각 9단계로 나누고 각 형질의 배점을 가중치로 써서 개체를 평가한다. 선형심사는 주로 심사 대상인 암소의 체형 능력을 파악하여 우수한 개체를 선발하기 위해 수행되지만, 특정 암소집단의 선형심사 자료들

을 통해 전체집단의 능력을 파악하는 수단으로도 활용될 수 있다. 한우 선형심사는 생후 6개월령 이상의 기초등록우 중 분만 기록이 있는 개체에 대하여 실시하고 있으며, 심사하는 소의 생물학적인 특성을 있는 그대로 파악하고자 하는 심사로서 현재 한우 선형심사의 선형형질은 일반 외모에서 체고(Body Height), 체장(Body Length), 체폭(Body Width), 체심(Chest Depth), 자질은 피모색(Skin Color), 윤곽성(Outline), 정강이 두께(Shank Thickness), 전구에서는 가슴너비(Chest Width), 어깨부착도(Shoulder Attachment), 중구는 갈비 개장도(Rib Opening), 체상선(Back to Rump), 체하선(Fore Rib to Udder), 후구는 엉덩이 기울기(Rump Gradient), 엉덩이 길이(Rump Length), 좌골폭(Pinbone Width), 유방용적(Udder Volume), 지제에서는 발굽 각도(Hoof Angle), 뒷다리 비절 기울기(Rear Hock Gradient), 뒷다리 자세(Rear Leg stance)로 총 19개 선형형질과 6가지 등급 형질을 가지고 있고, 각각의 선형형질을 1부터 9까지의 범위로 나누어 심사하는 기술이다. 한우의 선형형질 중 발육 및 번식 형질과 관련 있는 형질은 체고, 체장, 체심, 엉덩이 길이 그리고 좌골폭이 있으며 이 형질들은 외모심사와 체척을 통해 우수한 개체를 선발하는 데 활용하고 있다. 그리고 육질과 관련되는 형질은 피모(색, 질) 등 자질을 보고 있으나 주관적인 평가가 더해지기 때문에 육질이 좋은 개체를 선발하기에는 어려운 실정이다. 육량 및 육질에 대한 개량이 동시에 이루어져야 개량의 효과가 크게 나타날 수 있다. 하지만 육량 형질 개량을 위한 체중 측정 등 검정자료 수집이 어려운 실정으로 이를 대신한 한우 선형심사를 통하여 선발이 이루어지고 있다. 한우 선형심사는 부위별 19가지 선형형질에 대한 심사점수를 부여하여 그 자료를 토대로 체형 형질을 기능적 특성에 맞게 분류하고 그룹화하여 평가한 뒤 이를 종합한 종합점수(Final Score)를 산출하여 개체의 기능적 체형 능력을 평가하는 방법이다. 외모심사 평가항목은 일반 외모, 자질, 전구, 중구, 후구, 지제 총 6가지로 나뉘어 평가된다. 일반 외모에서 중요하게 봐야 할 점은 발육, 체형, 균형의 3가지를 고려하여 평가한다. 보통 발육이 양호하며, 체구는 크고, 깊고, 늘씬하여 체적이 풍부하여야 하고 전체적으로 체형이 균일하면서 균형을 이루어야 평가 점수를 높게 받을 수 있다. 또한, 이는 도체 형질과 연관성이 깊어 개체선발의 선발지표로서도 중요하게 사용될 수 있다. 자질에서는 몸 전체의 윤곽이 선명하여야 하며, 한우 특유의 색인 황갈색과 체모 질이 부드럽고 가늘며 광택이 있어야 한다. 전구는 가슴 폭이 넓고, 깊고 충실하여야 하며 어깨 붙임이 좋으며, 경사가 알맞고 어깨 끝이 돌출하지 않은 상태에서 어깨 뒤가 충실하여야 한다. 중구는 등허리가 길고 곧으며 후구로의 이행이 충실하고, 배는 아래로 처지지 않고 하점부가 충실하여야 한다. 후구는 가장 먼저 엉덩이 부위를 평가하게 되는데 엉덩이가 넓고 형태가 적절해야 한다. 넓이는 좌골폭과 길이와 관계가 있다. 엉덩이 폭은 넓을수록 분만이 수월하며, 요각은 각을 이루면서 돌출되지 않아야 하고, 엉덩이 기울기는 각도가 적은 것이 좋게 평가된다. 지제는 걸음걸이의 안정성과 발굽의 기울기를 평가하므로 올바른 자세가 요구된다. 이는 개체의 장수성과 연관되어 있어 발굽기울기, 뒷다리 비절 기울기 등을 고려하여 점수를 부여한다. 마지막으로 6가지 외모심사 평가 점수로 외모 종합점수를 부여하게 되는데 이는 얼마나 이상적인 체형에 근접되어 있는지를 관찰하여 체형의 개량목표를 나타낸 것으로 심사원의 평가 기준으로 사용되고 있다. 이러한 선형심사에 대하여 각각의 19개 심사 형질을 평가할 때 사용되는 배점의 기준은 Table 1에 나타내었다 (KAIA, 2023).

Table 1. Appraisal method of Linear Classification Traits in Hanwoo Cows (KAIA, 2023)(continued)

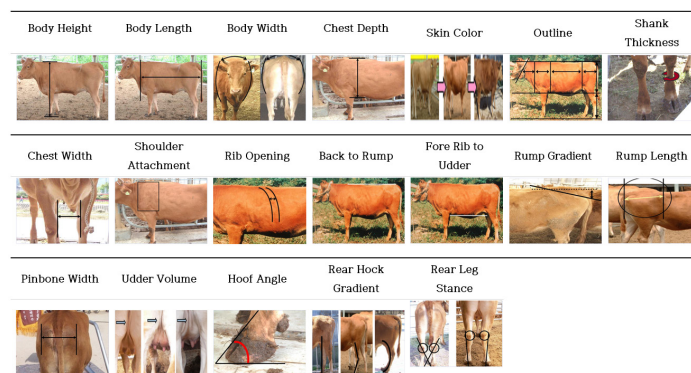
Traits		Score								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
TSC ¹⁾	Body Height	119cm	121cm	123cm	125cm	127cm	129cm	131cm	133cm	134cm
	Body Length	140cm	142.5cm	145cm	147.5cm	150cm	152.5cm	155cm	157.5cm	160cm
	Body Width	Extremely short		↔		Intermediate		↔		Extremely wide
	Chest Depth	62cm	64cm	66cm	68cm	70cm	72cm	74cm	76cm	77cm
BCC ²⁾	Skin Color	Light yellow				Yellow				Dark yellow
	Outline	Thick and coarse		↔		Sharp and angular		↔		Extremely sharp angular
	Shank Thickness	Extremely thick		↔		18cm		↔		Extremely thin
FQC ³⁾	Chest Width	Extremely narrow		↔		Intermediate		↔		Extremely wide
	Shoulder Attachment	Extremely thin		↔		Intermediate		↔		Extremely thick

Table 1. Appraisal method of Linear Classification Traits in Hanwoo Cows (KAIA, 2023)

Traits		Score								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
MQC ⁴⁾	Rib Opening	Extremely narrow		↔		Intermediate		↔		Extremely wide
	Back to Rump	Extremely dropped line		↔		Intermediate		↔		Extremely straight line
	Fore Rib to Udder	Extremely dropped line		↔		Intermediate		↔		Extremely straight line
RQC ⁵⁾	Rump Gradient	Extremely sloped from Hocks to pins		↔		Slight slope from Hocks to pins		↔		Hocks and pins are parallel
	Rump Length	41cm		45cm		49cm		53cm		57cm
FLC ⁶⁾	Pinbone Width	24cm	25cm	26cm	27cm	28cm	29cm	30cm	31cm	32cm
	Udder Volume	Extremely small		↔		Intermediate		↔		Extremely large
	Hoof Angle	Extremely low angle		↔		Intermediate		↔		Extremely steep angle
	Rear Hock Gradient	Postry and straight		↔		Intermediate		↔		Extremely sickled
	Rear Leg stance	Narrow between hocks		↔		Intermediate		↔		Hoofs and hocks are parallel

¹⁾TSC: Total stature composite, ²⁾BCC: Body characteristics composite, ³⁾FQC: Front quarter composite, ⁴⁾MQC: Middle quarter composite, ⁵⁾RQC: Rear quarter composite, ⁶⁾FLC: Foot and leg composite.

일반외모, 몸의 자질, 전구, 중구, 후구, 지제에 해당하는 형질을 이미지로 나타내었다(Supplementary Figure 1). 체고는 기갑의 정점에서 지면까지의 수직거리를 평가하고, 체장은 어깨 전단에서 좌골 후단을 직선으로 이은 수평거리의 정도를 평가한다. 그리고 체폭은 전구, 중구, 후구의 너비 정도를 평가하고, 체심은 견갑골 뒤의 등선에서 가슴 바닥까지의 수직거리의 정도를 평가한다. 피모의 색은 피모의 질과 색깔, 윤기 등을 평가하고, 윤곽성은 몸 전체에 나타나는 윤곽의 선명한 정도를 평가하고, 정강이가 두께는 앞다리 정강이의 가장 가는 부위의 둘레의 정도를 평가한다. 전구에 해당하는 가슴너비는 앞다리 사이의 너비와 튼튼한 정도를 평가하고, 어깨 부착도는 견갑골과 갈비뼈와의 부착 정도 및 어깨 뒤 충실도를 평가한다. 중구에서 갈비 개장도는 갈비 개장 각도를 심사하고, 체상선 및 체하선은 등, 허리의 발달 및 강도를 평가한다. 후구는 엉덩이 기울기가 요각에서 좌골까지 연결되는 엉덩이 형태로 요각 보다 좌골단이 아래인지 판단하여 점수를 부여하고, 엉덩이 길이는 요각 전단에서 좌골 후단까지의 길이를 측정하고, 좌골 폭은 좌·우측 좌골의 너비를 측정, 유방용적은 정중제인대 사이의 주름 정도를 판단하여 측정한다. 지제에 해당하는 형질인 발굽 각도는 발굽 각질부의 경사면과 지면 사이가 이루는 각도를 측정하고, 뒷다리 비절 기울기는 옆에서 본 뒷다리 비절부의 기울기를 측정하고, 뒷다리 자세는 뒤에서 볼 때 비절이 내측으로 굽은 정도와 양발굽이 전방으로 향한 상태를 기준으로 바깥쪽으로 벌어진 정도를 평가한다. 위와 같은 총 19가지 형질에서 17가지 선형심사 형질은 9점이 가장 이상적인 점수로 평가되고, 피모색, 뒷다리 비절 기울기 2가지 형질은 9점이 아닌 5점에 가까울수록 우수하게 평가하는 양방향(two-way)형질에 해당된다.

**Supplementary Figure 1.** Description of images by linear classification and grade traits in Hanwoo Cows(KAIA)

본 연구에는 2017년부터 2021년까지 한국종축개량협회 주관하에 실시된 한우 암소의 체형에 대하여 19가지의 체형 형질별 1~9 점으로 수치화하고 이를 종합하여 점수화한 선형심사 자료를 이용하였으며, 심사 대상우는 기초등록우 이상 등록된 한우 암소로 1산차 이상의 분만 기록을 가진 개체였다. 이 중 연도별로 반복된 기록치에 대하여 가장 최근의 심사자료를 분석데이터로 정하여 자료의 분포가 높은 24~48개월령 사이의 데이터를 추출하였다. 전국 8개 도(경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남)지역의 1,280,620두의 한우 암소집단에 대하여 21명의 심사자가 평가한 개체별 심사자료를 수집하였다. 각 형질별로 이상치의 범위에서 벗어나는 자료를 제외한 총 22,810두의 선형심사 점수자료를 분석에 이용하였으며 연구에 사용된 자료의 분포는 Table 2에 제시하였다.

Table 2. Numbers of Records by Linear Classification Traits Factor Considered on Analysis Models

¹ CF	No.	² RG	No.	³ LY	No.	⁴ LS	No.	⁵ MOL	No.
1	4,011	GW	2,888	2017	3,898	Spring	10,397	24	1,082
2	2,564	GG	2,218	2018	4,318	Summer	6,857	25	1,111
3	1,768	GN	2,871	2019	4,300	Fall	3,820	26	1,115
4	1,640	GB	6,892	2020	5,891	Winter	1,736	27	897
5	1,416	JN	902	2021	4,403			28	806
6	1,410	JB	4,044					29	785
7	1,392	CN	921					30	716
8	1,288	CB	2,074					31	963
9	1,187							32	824
10	1,001							33	924
11	713							34	953
12	693							35	1,085
13	689							36	1,116
14	569							37	1,206
15	530							38	1,154
16	493							39	981
17	456							40	856
18	434							41	788
19	276							42	791
20	143							43	811
21	137							44	758
								45	672
								46	887
								47	858
								48	671
Total	22,810		22,810		22,810		22,810		22,810

¹)CF : Classifier, ²)RG : Region - GW: Gangwon, GG: Gyeonggi, GN: Gyeongnam, GB: Gyeongbuk, JN: Jeonnam, JB: Jeonbuk, CN: Chungnam, CB: Chungbuk ³)LY : Linear classification year, ⁴)LS : Linear classification season, ⁵)MOL : Monthly age of Linear classification

2. 통계 분석

1) 기초 통계 분석

선형심사를 통해 수집한 자료를 분석하고 정규성을 판단하기 위하여 선형심사 형질에 대한 형질별 점수와 개체의 정보를 근거로 사육지역(Region), 심사년도, 심사계절, 심사월령 및 심사자를 대조하여 오류정보 및 비이상적인 심사자료를 제거하였고 선형심사의 특성상 산차별로 개체의 심사를 반복하여 기록하고 활용하는 사업이므로 중복자료는 심사월령 기준으로 가장 최근에 심사가 된

선형심사 데이터 자료를 이용하였다. 기초적인 오류정보를 제거한 후 SAS 9.4 Service Pack 4 통계 패키지를 이용하여 각 형질에 대한 선형점수(1~9점)의 기술통계량을 분석하여 평균값, 표준편차 및 최소값, 최대값을 추정하여 기초통계량을 Table 3에 제시하였고, 전체자료의 형질별 분포 및 정규성 검정을 파악하기 위해 SAS Univariate Procedure를 이용한 Kolmogorov-Smirnov 통계량(D)으로 검정하였으며, 통계량(D) 추정을 위한 공식은 아래와 같다.

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

2) 환경효과별 분산분석

1차 기초통계 분석자료를 통해 정규성 검정을 실시한 후 심사자, 심사지역, 심사년도 및 심사월령에 대한 환경효과가 선형심사 형질에 미치는 영향을 알아보기 위해 19가지 선형심사 형질 및 종합점수에 대하여 다변량 분산분석(Multivariate analysis of variance)을 실시하였다. 심사자(Classifier)는 심사 두수가 100두 미만이면 자료에서 제거하였고 분산분석은 SAS Package Ver 9.4의 PROC GLM(Generalized Linear Model)을 이용하였으며 통계분석 모델식은 다음과 같다.

$$Y_{ijkl} = \mu + H_i + YS_j + C_k + AGE_l + e_{ijkl}$$

여기서,

Y_{ijkl}	: 각 형질별 해당하는 관측치
μ	: 집단의 평균
H_i	: i번째 사육농가에 대한 고정효과
YS_j	: j번째 심사년도-계절의 고정효과
C_k	: k번째 심사자(Classifier)의 고정효과
AGE_l	: l번째 심사월령의 고정효과
e_{ijkl}	: 각 측정치의 임의오차

분산분석을 하기 위하여 상기와 같은 모델을 설정하여 GLM(Generalized Linear Model) 분석결과 제공되는 4가지의 제곱합 중에서 불균형된 자료에 적합한 TYPEIII 제곱합을 이용해 분산분석을 실시하였다. 다음과 같이 최소자승평균치(Least square mean, LSM) 간의 유의성 검정을 위하여 귀무가설을 설정하였고 유의수준 5%로 각각 검정하였다.

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

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

3) 유전모수 추정

선형심사를 통해 수집된 모든 형질의 개체별 자료들은 정규분포의 연속적인 변량형질로 간주하였으며 분산분석을 통해 유의성이 확인된 주요 환경효과인 사육농가, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령을 이용하여 유전모수를 추정하기 위한 다형질 혼합모형(Multiple Traits Animal Model)에 적용하였다(Misztal et al, 1992).

다형질 혼합모형으로서 유전모수를 추정하기 위한 모형 식은 다음과 같다.

$$Y_{ijklmn} = \mu_i + H_{ij} + YS_{ik} + C_{il} + AGE_{im} + a_{ijklmn} + e_{ijklmn}$$

여기서,

Y_{ijklmn}	: 각 형질별 해당하는 관측치
μ_i	: i번째 형질의 평균
H_{ij}	: i번째 형질의 j번째 사육농가(Herd)에 대한 고정효과
YS_{ik}	: i번째 형질의 k번째 심사년도-계절(Year-Season)의 고정효과
C_{il}	: i번째 형질의 l번째 심사자(Classifier)의 고정효과
AGE_{im}	: i번째 형질의 m번째 심사월령(Classification month)의 고정효과
a_{ijklmn}	: 상가적 개체효과(Additive animal effect)
e_{ijklmn}	: 각 측정치의 임의오차

이상의 모형을 행렬에 의한 방정식으로 표기하면 아래와 같다(Henderson, 1976).

$$y = X\beta + Za + e$$

여기서,

- Y : 한우암소 선형심사 형질에 대한 관측치 벡터
 X : 고정효과 동기군(H, YS), Classifier 및 AGE에 대한 계수행렬
 Z : 개체에 임의효과에 관한 계수행렬
 β : 알려지지 않은 고정효과에 대한 추정치 벡터
 a : 개체효과에 대한 육종가 벡터
 e : 임의 오차 벡터 $\sim N(0, R)$

기대값, 분산 및 공분산은 다음과 같다.

$$E(Y) = Xb$$

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

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

$$\text{Var}(y) = V = ZGZ' + R$$

여기서,

A : 상가적 혈연계수 행렬

G^* : 상가적 유전분산-공분산 행렬

R^* : 임의 오차분산-공분산 행렬

I : 단위행렬

$\otimes$: Kronecher product(Searle, 1982)

이에 기초하여 혼합모형방정식(MME)을 아래에 표현하였다.

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

고정효과(Fixed effect)와 임의효과(Random effect)의 재정렬을 원활하게 하기 위하여 RENUMF90(Misztal, 2012)을 이용하여 Renumbering을 하였다. 그리고 Fortran기반으로 개발된 EM-REML algorithm을 REMLF90(Misztal, 2012)을 이용하여 잔차분산이 10^{-11} 이하로 수렴될 때까지 반복 추정하여 유전모수를 추정하였으며, 상가적 개체효과(Additive animal effect)에 대한 유전력의 추정치는 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다.

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}$$

여기서, h^2 : 유전력, σ_a^2 : 상가적 유전분산, σ_e^2 : 잔차 분산

형질 간의 유전상관은 아래와 같은 함수식에 의해 분산 및 공분산 요소로부터 추정되었다.

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

또한, 선형심사 형질 간의 표현형상관은 다음 함수식에 의해 추정되었다.

$$r_{P(i,j)} = \frac{[\text{cov}_{a(i,j)} + \text{cov}_{e(i,j)}]}{\sqrt{[\sigma_{a(i)}^2 + \sigma_{e(i)}^2][\sigma_{a(j)}^2 + \sigma_{e(j)}^2]}} (i \neq j)$$

여기서, r_G = 유전상관, r_P = 표현형상관, σ_e^2 = 잔차 분산, cov_a = 상가적 유전공분산, cov_e = 잔차 공분산

RESULTS AND DISCUSSION

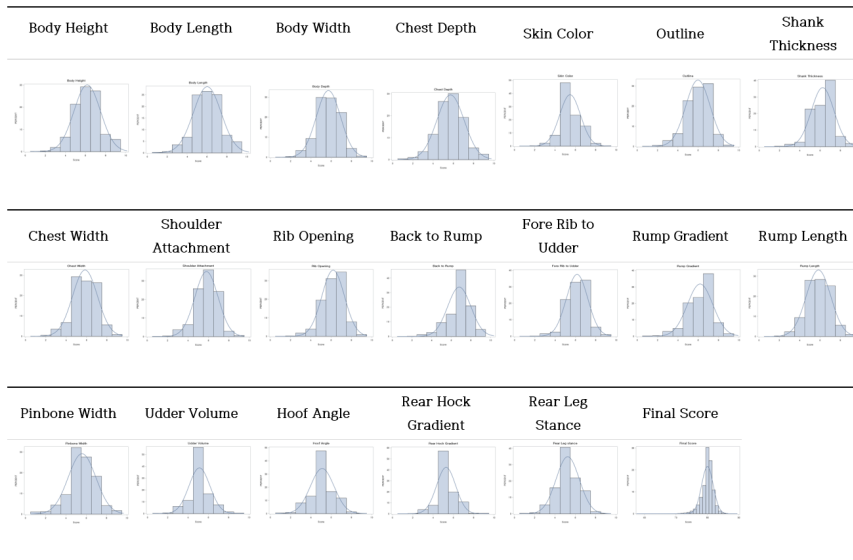
1) 기초통계량

본 연구에서 분석한 22,810두의 19개 선형심사 점수 자료와 종합점수의 평균과 표준편차, 최대값 및 최소값을 Table 3에 제시하였고 히스토그램을 각각의 6개 심사 부위인 일반 외모, 자질, 전구, 중구, 후구, 지제 및 종합점수를 제시하였다(Supplementary Figure 2).

Table 3. Basic Statistics on Linear Classification Traits in Hanwoo Cows

Traits		Obs.	Mean	⁷⁾ Std	⁸⁾ Min	⁹⁾ Max	¹⁰⁾ CV
TSC ¹⁾	Body Height	22,810	6.17	1.32	1.00	9.00	21.39
	Body Length	22,810	6.38	1.44	1.00	9.00	22.57
	Body Width	22,810	5.61	1.18	1.00	9.00	21.03
	Chest Depth	22,810	5.69	1.25	1.00	9.00	21.97
BCC ²⁾	Skin Color	22,810	4.16	0.84	1.00	5.00	20.19
	Outline	22,810	5.96	1.18	1.00	9.00	19.80
	Shank Thickness	22,810	6.43	1.10	1.00	9.00	17.11
FQC ³⁾	Chest Width	22,810	5.87	1.32	1.00	9.00	22.49
	Shoulder Attachment	22,810	5.63	1.15	1.00	9.00	20.43
MQC ⁴⁾	Rib Opening	22,810	6.12	1.13	1.00	9.00	18.46
	Back to Rump	22,810	6.95	1.15	1.00	9.00	16.55
	Fore Rib to Udder	22,810	6.01	1.03	1.00	9.00	17.14
RQC ⁵⁾	Rump Gradient	22,810	5.99	1.32	1.00	9.00	22.04
	Rump Length	22,810	5.98	1.23	1.00	9.00	20.57
	Pinbone Width	22,810	5.54	1.31	1.00	9.00	23.65
	Udder Volume	22,810	4.99	0.94	1.00	9.00	18.84
FLC ⁶⁾	Hoof Angle	22,810	5.12	1.04	1.00	9.00	20.31
	Rear Hock Gradient	22,810	4.53	0.75	1.00	5.00	16.56
	Rear Leg stance	22,810	5.24	1.20	1.00	9.00	22.90
Final Score	Final Score	22,810	80.02	1.80	64.10	86.92	2.25

¹⁾TSC: Total stature composite, ²⁾BCC: Body characteristics composite, ³⁾FQC: Front quarter composite, ⁴⁾MQC: Middle quarter composite, ⁵⁾RQC: Rear quarter composite, ⁶⁾FLC: Foot and leg composite, ⁷⁾Std: Standard deviation, ⁸⁾Min: Minimum, ⁹⁾Max: Maximum, ¹⁰⁾CV: Coefficient of Variation



Supplementary Figure 2. Histogram for verification of normality of Linear Classification Traits in Hanwoo Cows

일반 외모의 4가지의 선형형질에 속하는 체고, 체장, 체폭, 체심의 평균 및 표준편차는 각각 6.17 ± 1.32 , 6.38 ± 1.44 , 5.61 ± 1.18 그리고 5.69 ± 1.25 을 나타냈다. 체고의 평균치인 6.17은 129~131cm 정도의 범위로서 이(1986)가 121.17cm, 최 등(1996)이 118.93cm와 김 등(1997)이 121.09cm, 손 등(1997)이 119.22cm로 보고한 것보다 상당히 증가하였다. 체장의 평균치인 6.38은 약 152.5~155cm 정도로서 이(1986)에서 134.12cm, 최 등(1996)이 134.9cm로 보고한 것보다 증가하였다. 그리고 김 등(1997)이 139.51cm, 손 등(1997)이 136.98cm로 보고한 것에 비해서도 증가하였다. 체심의 평균치인 5.69는 체척치 70~72cm의 범위로서 이(1986)가 62.51cm, 최 등(1996)이 61.99cm, 손 등(1997)이 62.81cm로 보고한 것보다 많이 증가하였음을 확인하였다. 이처럼 한우 암소의 전체적인 일반 외모에 따른 체형적 크기가 최근까지 점차 증가한 것으로 나타났다. 자질의 3가지의 선형형질에 속하는 피모색, 윤곽성, 정강이 두께의 평균 및 표준편차는 각각 4.16 ± 0.84 , 5.96 ± 1.18 그리고 6.43 ± 1.1 을 나타냈다. 피모색은 양방향 형질로 1~9점의 심사점수 중 5점의 피모색인 황갈색이 적합한 피모색으로 평가되고 있다. 피모색의 평균치는 4.07으로 한우의 피모색이 대체로 적절한 황갈색을 가지고 있다는 것을 나타냈다. 이는 이(2011)가 몸의 품위에 해당하는 형질인 윤곽성, 정강이 두께, 피모색의 평균 및 표준편차를 5.50 ± 1.39 , 5.94 ± 1.46 , 5.33 ± 1.20 으로 보고하였는데, 윤곽성은 전반적으로 보통 범위를 나타냈지만, 정강이 두께는 이(2011)가 5.94 ± 1.46 으로 보고한 것에 비해 점수가 향상하였고 이는 전체적으로 한우 집단의 정강이 두께가 얇아진 것으로 분석되었다. 전구의 2가지의 선형형질에 속하는 가슴너비, 어깨 부착도의 평균 및 표준편차는 각각 5.87 ± 1.32 그리고 5.63 ± 1.15 을 나타냈다. 두 가지 선형형질 모두 보통의 범위를 나타냈다. 중구의 3가지의 선형형질에 속하는 갈비 개장도, 체상선, 체하선의 평균 및 표준편차는 각각 6.12 ± 1.13 , 6.95 ± 1.15 그리고 6.01 ± 1.03 을 나타냈다. 중구의 3가지 선형형질의 경우 보통범위 보다 높게 평가되었다. 후구의 4가지의 선형형질에 속하는 엉덩이 기울기, 엉덩이 길이, 좌골폭, 유방용적의 평균 및 표준편차는 각각 5.99 ± 1.32 , 5.98 ± 1.23 , 5.54 ± 1.31 그리고 4.99 ± 0.94 을 나타냈다. 여기서 좌골폭 평균인 5.54는 체척치 28~29cm 정도의 범위로서 최 등(1996)이 22.08cm, 손 등(1997)이 23.55cm로 보고한 것보다 상당히 증가하여 좌골폭이 과거에 비해 매우 넓어진 것으로 나타났다. 그리고 Gutierrez 등(2002)이 스페인 육우 품종(Asturiana de los Valles beef cattle breed)에 대한 연구에서 엉덩이 기울기, 엉덩이 길이, 좌골폭의 평균 및 표준편차를 각각 6.02 ± 0.84 , 5.97 ± 1.18 그리고 5.36 ± 1.24 로 보고한 바와 유사한 수치를 나타내었다. 지제의 3가지의 선형형질에 속하는 발굽 각도, 뒷다리 비절 기울기, 뒷다리 자세의 평균 및 표준편차는 각각 5.12 ± 1.04 , 4.53 ± 0.75 그리고 5.24 ± 1.2 을 나타냈다. 뒷다리 비절 기울기는 양방향 형질로 1~9점의 심사점수 중 5점이 가장 높은 점수를 나타내고 이는 비절의 기울기의 정도가 곡비와 직비 사이의 중간 정도를 나타낸다. 이(2011)가 보고한 한우 암소 심사 형질에 관한 연구에서 발굽 각도, 뒷다리 비절 기울기, 뒤에서 본 뒷다리 자세의 평균 및 표준편차를 각각 5.37 ± 1.59 , 5.33 ± 1.31 그리고 4.85 ± 1.49 의 범위로 보고한 바와 유사한 수치를 나타내었다.

2) 환경효과별 분산분석

기초통계 분석을 통해 자료의 정규성을 확인한 후 환경효과에 의한 수집자료의 변화 추세 및 효과에 의한 유의성을 알아보기 위해 연구하고자 하는 한우 선형심사 19개의 형질인 체고, 체장, 체심, 체폭, 체심, 피모색, 윤곽성, 정강이 두께, 가슴너비, 어깨 부착도, 갈비 개장도, 체상선, 체하선, 엉덩이 기울기, 엉덩이 길이, 좌골폭, 유방용적, 발굽 각도, 뒷다리 비절 기울기, 뒷다리 자세와 종합 점수 그리고 환경효과로 심사지역, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령에 대하여 분산분석을 시행하였으며 결과는 6개 부위별(일반 외모, 자질, 전구, 중구, 후구, 지제)로 구분하여 나타내었다. Table 4를 살펴보면, 한우의 일반 외모(체고, 체장, 체폭, 체심)와 환경효과인 심사지역, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령에 대하여 분산분석을 시행하였다. 한우의 일반 외모 부위에 속하는 체고, 체장, 체폭, 체심에 대한 선형심사 형질은 심사지역, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령에 대해 고도의 유의적 차이($p < 0.01$)를 나타내었다. 이(2011)는 17개 선형심사 형질과 환경효과인 출생지, 심사년도, 심사자, 심사월령에 대하여 고도의 유의적 차이($p < 0.01$)를 가지고 있다고 보고하였고, 이는 본 연구 결과에서 환경효과에 대한 유의적 차이를 가지는 것과 같은 결과를 나타내었다. 한우의 자질(피모색, 윤곽성, 정강이 두께)와 환경효과인 심사지역, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령에 대하여 분산분석을 시행하였다. 한우의 자질 부위에 속하는 피모색, 윤곽성에 대한 선형심사 형질은 심사지역, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령에 대해 고도의 유의적 차이($p < 0.01$)를 나타내었다. 하지만 정강이 두께 형질은 심사월령에 대해서 유의적 차이가 없는 것으로 나타났는데, 이는 한우의 정강이 두께가 심사월령에 대한 환경효과가 크게 관여하지 않고 일정하게 심사되고 있는 것으로 사료된다. 한우의 전구(가슴너비,

어깨 부착도)와 환경효과인 심사지역, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령에 대하여 분산분석을 시행하였다. 한우의 전구 부위에 속하는 가슴너비, 어깨 부착도에 대한 선형심사 형질은 심사지역, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령에 대해 고도의 유의적 차이($p<0.01$)를 나타내었다. 이 등(2017)은 가슴의 넓고 깊음과 어깨의 충실도를 보고 평가하는 항목인 전구와 환경효과인 동기군, 심사연령, 분만 후 심사까지 월령단계에 대하여 고도의 유의적 차이($p<0.01$)를 가지고 있다고 보고하였다. 또한, 구 등(2008)은 흉폭(CW)과 출생년도, 출생계절 및 출생지역의 환경요인에서 고도의 유의적 차이($p<0.01$)를 가지고 있다고 보고하였고, 이는 본 연구 결과에서 환경효과에 대한 유의적 차이를 가지는 것과 같은 결과를 나타내었다. 한우의 중구(갈비 개장도, 체상선, 체하선)와 환경효과인 심사지역, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령에 대하여 분산분석을 시행하였다. 한우의 중구 부위에 속하는 갈비 개장도, 체상선, 체하선에 대한 선형심사 형질은 심사지역, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령에 대해 고도의 유의적 차이($p<0.01$)를 나타내었다. 이 등(2017)은 등, 허리의 너비 및 튼튼함과 갈비의 간격 및 부착정도를 평가하는 항목인 중구와 환경효과인 동기군, 심사연령, 분만 후 심사까지 월령단계에 대하여 고도의 유의적 차이($p<0.01$)를 가지고 있다고 보고하였고, 이는 본 연구 결과에서 환경효과에 대한 유의적 차이를 가지는 것과 같은 결과를 나타내었다.

한우의 후구(엉덩이 기울기, 엉덩이 길이, 좌골폭, 유방용적)와 환경효과인 심사지역, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령에 대하여 분산분석을 시행하였다. 한우의 후구 부위에 속하는 엉덩이 기울기, 엉덩이 길이, 좌골폭, 유방용적에 대한 선형심사 형질은 심사지역, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령에 대해 고도의 유의적 차이($p<0.01$)를 나타내었다. 송 등(2002)은 엉덩이 기울기, 좌골폭과 환경효과인 형질별 월령, 분만년월, 심사자 및 비유기에 대하여 고도의 유의적 차이($p<0.01$)를 가지고 있다고 보고하였다. 또한, 구 등(2008)은 좌골폭, 엉덩이 길이와 출생년도, 출생계절 및 출생지역의 환경요인에서 고도의 유의적 차이($p<0.01$)를 가지고 있다고 보고하였고, 이는 본 연구 결과에서 환경효과에 대한 유의적 차이를 가지는 것과 같은 결과를 나타내었다. 한우의 지제(발굽 각도, 뒷다리 비절 기울기, 뒷다리 자세) 및 종합점수와 환경효과인 심사지역, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령에 대하여 분산분석을 시행하였다. 한우의 지제 부위에 속하는 발굽 각도, 뒷다리 자세 및 종합점수에 대한 선형심사 형질은 심사지역, 심사년도-계절, 심사자 및 심사월령에 대해 고도의 유의적 차이($p<0.01$)를 나타내었다. 하지만 뒷다리 비절 기울기 형질은 심사월령에 대해서 유의적 차이가 없는 것으로 나타났는데, 이는 한우의 뒷다리 비절 기울기가 심사월령에 대한 환경효과가 크게 관여하지 않고 일정하게 심사되고 있는 것으로 사료된다.

Table 4. Analysis of Variances for Linear Classification Traits in Hanwoo Cows (N=22,810)

Source	DF ⁽³⁾	Body Height		Body Length		Body Width		Chest Depth		Skin Color		Outline		Shank Thickness	
		MS ⁽⁴⁾	F-value	MS	F-value	MS	F-value	MS	F-value	MS ⁽⁴⁾	F-value	MS	F-value	MS	F-value
Herd	130	16.56	12.44**	15.56	12.18**	21.14	20.35**	16.12	13.49**	2.40	3.79**	8.44	7.04**	8.63	9.14**
YS ⁽¹⁾	17	10.29	7.73**	47.31	37.04**	4.88	4.7**	24.12	20.18**	4.73	7.5**	16.37	13.65**	13.78	14.6**
Classifier	36	32.08	24.11**	103.25	80.84**	13.82	13.3**	35.94	30.07**	14.33	22.7**	30.20	25.17**	45.06	47.72**
Age ⁽²⁾	24	117.04	87.94**	121.61	95.21**	52.57	50.6**	93.25	78.02**	3.43	5.43**	4.38	3.65**	1.16	1.22 ^{NS}
Error	22,809	1.33		1.28		1.04		1.20		0.63		1.20		0.94	
Source	DF ⁽³⁾	Chest Width		Shoulder Attachment		Rib Opening		Back to Rump		Fore Rib to Udder		Rump Gradient		Rump Length	
		MS ⁽⁴⁾	F-value	MS	F-value	MS ⁽⁴⁾	F-value	MS	F-value	MS	F-value	MS ⁽⁴⁾	F-value	MS	F-value
Herd	130	14.44	14.54**	12.67	12.07**	12.41	12.59**	5.77	5.42**	6.44	8.17**	13.71	9.45**	11.37	12.14**
YS ⁽¹⁾	17	13.38	13.47**	16.36	15.59**	16.23	16.47**	8.96	8.41**	13.53	17.16**	7.98	5.5**	19.89	21.23**
Classifier	36	159.64	160.75**	43.07	41.02**	29.96	30.4**	35.29	33.16**	54.78	69.49**	50.19	34.57**	80.55	86.01**
Age ⁽²⁾	24	30.17	30.38**	18.79	17.9**	28.41	28.83**	3.55	3.34**	2.21	2.8**	4.22	2.91**	90.31	96.44**
Error	22,809	0.99		1.05		0.99		1.06		0.79		1.45		0.94	
Source	DF ⁽³⁾	Pinbone Width		Udder Volume		Hoof Angle		Rear Hock Gradient		Rear Leg Stance		Final score			
		MS	F-value	MS	F-value	MS ⁽⁴⁾	F-value	MS	F-value	MS	F-value	MS	F-value		
Herd	130	15.92	12.29**	3.86	5.25**	8.50	10.61**	2.00	5.07**	4.82	5.15**	43.36	17.26**		
YS ⁽¹⁾	17	11.58	8.94**	3.69	5.01**	5.45	6.81**	3.86	9.79**	6.45	6.89**	53.44	21.27**		
Classifier	36	34.43	26.57**	20.18	27.43**	20.37	25.43**	18.37	46.66**	47.25	50.5**	46.23	18.4**		
Age ⁽²⁾	24	101.98	78.7**	6.65	9.04**	3.13	3.91**	0.50	1.27 ^{NS}	3.77	4.03**	170.98	68.05**		
Error	22,809	1.30		0.74		0.80		0.39		0.94		2.51			

¹⁾YS : Year of linear test, ²⁾Age : Monthly age at linear test, ³⁾DF : degree of freedom, ⁴⁾MS : mean square. **: $P < 0.001$, * : $P < 0.05$, NS : not signification

3) 유전력

전체 분산 중에 상가적 유전분산이 차지하는 비율을 나타내며 선형형질의 유전능력의 발현 정도를 나타내는 유전력 분석 결과를 살펴보면, 체고, 체장, 체심, 고장, 좌골폭의 유전력이 각각 0.25, 0.26, 0.10, 0.19, 0.18로 추정되어 최 등(1996)이 24개월 한우 암소 대상으로 발표한 0.26, 0.09, 0.20, 0.15, 0.19보다 약간 높거나 비슷하게 나타났으며, Han(2002)이 한우 암소에 대해 발표한 0.48, 0.33, 0.49, 0.45, 0.49보다 낮게 나타났다. 또한 전국한우능력평가대회 출품한 거세우 대상으로 0.19, 0.16, 0.18, 0.14, 0.20으로 보고(Koo et al., 2008)되어 본 결과보다 약간 낮게 나타났다. 한우의 선형형질에 대한 유전력은 같은 형질이라도 혈통정보의 범위에 따라 심사 대상 축군, 심사 시기, 심사년도, 심사월령 및 비유단계 등에 따라 다르게 추정될 수 있으며, 유전모수 추정의 모형 적합성에 따라서도 다르게 추정된다. 또한, 유전력의 변이는 유전효과(품종, 집단)의 변이와 환경효과(급여사료, 사양환경 등)의 변이로 좌우되기에 도체형질 등에 비해 조금은 다양한 결과가 도출된 것으로 사료된다. 본 연구에서 분석한 19개의 한우 선형형질에 대한 점수와 종합 점수에 대한 유전 분산성분과 유전력은 Table 5과 같이 추정되었다.

Table 5. Additive genetic variances (σ_a^2), error variances (σ_e^2), heritabilities and stand errors for 19 Type Classification Traits and Final Scores

Group	Traits	CV ⁷⁾		h ²
		σ_a^2	σ_e^2	
Final Score	Final Score	0.5084	2.0870	0.20
TSC ¹⁾	Body Height	0.3511	1.0380	0.25
	Body Length	0.3792	1.0700	0.26
	Body Width	0.1053	0.9574	0.10
	Chest Depth	0.2074	1.0510	0.16
	Skin Color	0.0752	0.5788	0.12
BCC ²⁾	Outline	0.1327	1.1170	0.11
	Shank Thickness	0.0879	0.9295	0.09
	Chest Width	0.1605	1.0880	0.13
FQC ³⁾	Shoulder Attachment	0.1297	0.9903	0.12
MQC ⁴⁾	Rib Opening	0.1218	0.9139	0.12
	Back to Rump	0.1133	1.0090	0.10
	Fore Rib to Udder	0.0551	0.8222	0.06
	Rump Gradient	0.1714	1.3610	0.11
RQC ⁵⁾	Rump Length	0.2027	0.8665	0.19
	Pinbone Width	0.2385	1.1170	0.18
	Udder Volume	0.0582	0.7113	0.08
	Hoof Angle	0.0665	0.7689	0.08
FLC ⁶⁾	Rear Hock Gradient	0.0497	0.3752	0.12
	Rear Leg stance	0.0708	0.9411	0.07

¹⁾TSC: Total stature composite, ²⁾BCC: Body characteristics composite, ³⁾FQC: Front quarter composite, ⁴⁾MQC: Middle quarter composite, ⁵⁾RQC: Rear quarter composite, ⁶⁾FLC: Foot and leg composite, ⁷⁾CV: Coefficient of Variation

4) 유전상관 및 표현형상관

본 연구에서 분석한 선형심사 형질을 부위별로 구분하여 유전상관과 표현형 상관관계를 나타내었다. Table 6에는 19개 선형형질과 종합점수와 유전상관과 표현형상관의 상관관계를 나타내었다. 일반외모에 속하는 선형심사 형질 간의 유전적 상관관계에서 체고는 체장, 체심과의 각각 0.93, 0.83의 높은 양의 유전적 상관관계를 나타내었고 이는 이(2011)가 보고한 체고와 체장, 체심의 0.92, 0.93와 유사한 결과를 나타내었다. 최 등(1996)이 체고와 체심간의 유전상관을 0.72, Cole과 Null(2009)이 Ayshire종, Brown Swiss종, Guernesey종, Jersey종, Milking Shorthorn종의 있어 체고와 체장 및 체심간에 각각 0.54에서 0.80까지 범위의 유전적 상관관계를 나타

낸다는 보고보다 높은 유전적 상관관계를 나타내었다. 개체의 체중(Body Weight)과 체고, 체장, 체심간에 각각 0.53, 0.17, 0.58의 유전적 상관관계를 나타낸다는 최 등(1996) 및 구 등(2008)이 각각 0.56, 0.6, 0.49로 보고한 결과들을 미루어 보았을 때 후대축의 육량 형질 개량에 도움이 될 것으로 사료되었다. 종합점수와 자질에 속하는 선형심사 형질 간의 유전상관과 표현형상관의 상관관계에서 종합점수와 피모색, 윤곽성 및 정강이두께와 각각 0.21, 0.77 및 0.15의 양의 유전적 상관관계를 나타내었다. 이는 이(2011)가 보고한 종합점수와 피모색, 윤곽성, 정강이두께 간 각각 0.07, 0.86, -0.13으로 종합점수는 피모색 및 윤곽성에서 양의 유전적 상관관계의 경향과 유사하였고 정강이두께와는 차이가 있음을 보였다. 종합점수와 전구에 속하는 선형심사 형질 간의 유전상관과 표현형상관의 상관관계에서 종합점수와 가슴너비 및 어깨부착도와 각각 0.73, 0.81의 양의 유전적 상관관계를 나타내었고 가슴너비와 어깨부착도의 유전상관은 0.70로 양의 유전상관을 나타내었다. 이는 Gutierrez와 Goyache(2002)가 FQ(Forequarter Quality)와 FS(Final Score) 간의 유전상관을 0.90으로 보고한 바와는 상이한 결과를 나타내었는데 이에 대한 원인의 추가적인 연구가 필요할 것으로 보였다. 중구에 속하는 선형심사 형질인 갈비 개장도와 체상선 및 체하선 간 유전적 상관관계는 각각 0.27 및 0.47으로 양의 유전적 상관관계를 나타내었다. 후구에 속하는 선형형질인 엉덩이 기울기, 엉덩이 길이, 좌골 폭 및 유방용적 간 유전적 상관관계는 0.04, 0.09 및 0.00로 나타내었고 암소의 번식능력을 간접적으로 예측할 수 있는 형질인 엉덩이 길이와 좌골폭의 유전적 상관관계는 0.82로 고도의 상관을 나타내었다. 지제에 속하는 선형심사 형질인 발굽 각도, 뒷다리 비절 기울기 및 뒷다리 자세 간 유전적 상관관계는 -0.06, 0.05를 나타내었고 이를 홀스타인품종의 선행 연구결과와 비교하였을 때, DeGroot 등(2002)는 발굽 각도와 뒷다리 비절 기울기, 뒷다리 자세 간 유전상관을 각각 -0.77, -0.58로 보고하였고, Duru 등(2012)는 유전상관을 각각 -0.4, -1.0, Němcová 등(2011)은 -0.67, 0.40로 보고하여 본 연구 결과와는 상반된 차이를 나타내었다. 일반적으로 소의 특성상 발굽 각도가 커질수록 뒷다리 비절 기울기가 곧고, 비절이 평행해야 함에도 불구하고 본 연구는 상이한 결과를 보여 이러한 연구결과가 한우가 가진 고유의 특성인지 아니면 선형심사 과정에서 발생된 오류인지 파악하기 위하여 비교 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Table 6. Genetic(upper) and Phenotypic(below) Correlations for 19 Linear Classification Type and Final Score in Hanwoo Cows

	FS ¹⁾	BH ²⁾	BL ³⁾	BD ⁴⁾	CD ⁵⁾	SC ⁶⁾	OL ⁷⁾	ST ⁸⁾	CW ⁹⁾	SA ¹⁰⁾	RO ¹¹⁾	BR ¹²⁾	FRU ¹³⁾	RG ¹⁴⁾	RL ¹⁵⁾	PW ¹⁶⁾	UV ¹⁷⁾	HA ¹⁸⁾	RHG ¹⁹⁾	RLS ²⁰⁾
FS ¹⁾		0.88	0.90	0.73	0.87	0.21	0.77	0.15	0.73	0.81	0.85	0.45	0.53	0.24	0.87	0.89	0.14	0.22	0.11	0.19
BH ²⁾	0.67		0.93	0.57	0.83	0.11	0.56	0.18	0.61	0.65	0.75	0.37	0.45	0.04	0.87	0.83	0.06	0.16	0.04	0.11
BL ³⁾	0.67	0.72		0.62	0.78	0.16	0.60	0.24	0.70	0.67	0.72	0.40	0.40	0.11	0.87	0.82	0.02	0.14	0.02	0.03
BD ⁴⁾	0.60	0.36	0.41		0.62	0.09	0.56	-0.02	0.74	0.70	0.66	0.29	0.35	0.16	0.60	0.69	0.10	0.08	0.18	0.22
CD ⁵⁾	0.70	0.58	0.54	0.47		0.10	0.64	0.08	0.54	0.70	0.76	0.34	0.41	0.10	0.80	0.77	0.12	0.16	0.07	0.19
SC ⁶⁾	0.01	-0.05	-0.06	-0.05	-0.03		0.28	0.17	0.16	0.17	0.17	0.13	0.14	0.10	0.07	0.17	0.02	-0.10	-0.05	0.01
OL ⁷⁾	0.51	0.24	0.27	0.19	0.29	0.05		0.09	0.56	0.66	0.68	0.39	0.48	0.21	0.59	0.61	0.24	0.10	0.11	0.16
ST ⁸⁾	0.19	0.07	0.06	-0.01	0.03	-0.01	0.18		0.04	0.08	0.03	0.17	0.07	-0.13	0.12	0.14	-0.08	-0.04	-0.15	-0.09
CW ⁹⁾	0.62	0.36	0.43	0.55	0.38	0.01	0.30	0.09		0.70	0.63	0.37	0.32	0.11	0.65	0.72	0.00	0.09	0.10	0.02
SA ¹⁰⁾	0.62	0.31	0.35	0.38	0.37	-0.01	0.38	0.13	0.52		0.76	0.48	0.42	0.19	0.65	0.76	-0.03	0.16	0.06	0.18
RO ¹¹⁾	0.64	0.34	0.33	0.40	0.45	-0.02	0.36	0.07	0.41	0.53		0.27	0.47	0.19	0.71	0.79	0.14	0.17	0.16	0.19
BR ¹²⁾	0.32	0.10	0.08	0.08	0.14	0.01	0.32	0.11	0.13	0.24	0.29		0.38	0.04	0.34	0.36	-0.22	0.16	-0.18	-0.04
FRU ¹³⁾	0.34	0.14	0.08	0.11	0.21	-0.01	0.23	0.07	0.06	0.16	0.30	0.25		0.12	0.35	0.44	0.15	0.14	0.05	0.08
RG ¹⁴⁾	0.42	0.18	0.24	0.21	0.17	-0.02	0.20	0.13	0.29	0.25	0.19	0.03	0.13		0.04	0.09	0.00	0.10	0.16	0.17
RL ¹⁵⁾	0.67	0.59	0.61	0.43	0.54	-0.05	0.27	0.06	0.44	0.35	0.34	0.09	0.09	0.18		0.82	0.12	0.15	0.02	0.07
PW ¹⁶⁾	0.71	0.52	0.53	0.44	0.49	-0.05	0.23	0.05	0.45	0.39	0.39	0.12	0.17	0.22	0.59		0.10	0.18	0.05	0.18
UV ¹⁷⁾	0.27	0.14	0.12	0.11	0.14	-0.02	0.12	0.02	0.08	0.12	0.12	0.09	0.09	0.07	0.13	0.17		-0.07	0.18	0.20
HA ¹⁸⁾	0.14	0.07	0.03	0.00	0.01	0.00	0.04	0.01	-0.03	0.03	0.04	0.01	0.07	0.02	0.01	0.04	-0.02		-0.06	0.05
RHG ¹⁹⁾	0.12	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.04	0.01	-0.02	0.05	0.04	0.06	0.08	0.05	-0.01	0.02	0.05	0.02		0.33
RLS ²⁰⁾	0.28	0.15	0.10	0.13	0.16	0.00	0.11	0.05	0.12	0.17	0.15	0.10	0.15	0.10	0.12	0.21	0.12	0.10	0.12	

¹⁾FS: Final Score, ²⁾BH: Body Height, ³⁾BL: Body Length, ⁴⁾BD: Body Depth, ⁵⁾CD: Chest Depth, ⁶⁾SC: Skin Color, ⁷⁾OL: Outline, ⁸⁾ST: Shank Thickness, ⁹⁾CW: Chest Width, ¹⁰⁾SA: Shoulder Attachment, ¹¹⁾RO: Rib Opening, ¹²⁾BR: Back to Rump, ¹³⁾FRU: Fore Rib to Udder, ¹⁴⁾RG: Rump Gradient, ¹⁵⁾RL: Rump Length, ¹⁶⁾PW: Pinbone Width, ¹⁷⁾UV: Udder Volume, ¹⁸⁾HA: Hoof Angle, ¹⁹⁾RHG: Rear Hock Gradient, ²⁰⁾RLS: Rear Leg stance

CONCLUSION

본 연구에서 분석된 한우 암소의 선형 및 외모심사 형질에 대한 기초통계분석에서 19개 선형심사 형질인 체고, 체장, 체폭, 체심, 피모색, 윤곽성, 정강이 두께, 가슴너비, 어깨 부착도, 갈비 개장도, 체상선, 체하선, 엉덩이 기울기, 엉덩이 길이, 좌골폭, 유방용적, 발굽각도, 뒷다리 비절 기울기 및 뒷다리자세와 종합점수의 평균값과 표준편차는 6.17 ± 1.32 , 6.38 ± 1.44 , 5.61 ± 1.18 , 5.69 ± 1.25 , 4.16 ± 0.84 , 5.96 ± 1.18 , 6.43 ± 1.1 , 5.87 ± 1.32 , 5.63 ± 1.15 , 6.12 ± 1.13 , 6.95 ± 1.15 , 6.01 ± 1.03 , 5.99 ± 1.32 , 5.98 ± 1.23 , 5.54 ± 1.31 , 4.99 ± 0.94 , 5.12 ± 1.04 , 4.53 ± 0.75 , 5.24 ± 1.2 및 80.02 ± 1.8 으로 분석하였다. 또한 환경효과의 요인에 대하여 분석하기 위해 심사지역, 심사년도-심사계절, 심사자 및 심사월령에 대해 분산분석을 실시하여 19개 선형형질과 고도의 유의적 차이($p < 0.01$)가 있음을 확인했다. 유전모수 추정결과를 고찰해 보면 다음과 같다. 19개 선형심사 형질들 중 체고, 체장, 체폭의 유전력이 0.2이상의 중도의 유전력을 나타내었다. 또한 엉덩이 길이의 유전력이 0.19, 좌골폭의 유전력이 0.18로 나타났고 나머지 외모심사 형질은 0.06에서 0.16범위의 낮은 유전력을 나타내었다. 0.2이상의 유전력을 보인 형질은 비교적 다른 형질에 비해 개량의 기간이 짧은 시간내에 가능함을 말해주며, 이와 같이 중도의 유전력을 가진 형질은 한우선형심사를 통해 자료를 수집하고 분석하여 한우 암소의 체형개량에 활용할 수 있을 것으로 사료되었다. 또한, 0.19, 0.18의 유전력을 보인 엉덩이 길이와 좌골폭 같은 형질들도 후대축의 생산성 향상을 위해 체형개량 형질로 이용이 가능할 것으로 사료되었다. 반면, 종합점수를 측정하는 6가지 항목 중 자질에 속해있는 피모색, 윤곽성, 정강이 두께와 지제에 속해있는 발굽각도, 옆에서 본 뒷다리 기울기 및 뒷다리 자세 등의 형질은 국내외의 보고된 연구에 비해 매우 낮게 추정되었는데, 이들 형질에 대해서는 유전모수 추정 방법의 추가적인 연구가 필요하다고 생각되며, 심사 체계상의 원인이 있는지 검토해보아야 할 것으로 사료되었다. 본 연구 결과, 2017~2021년 사이에 수집된 한우 선형심사 자료를 이용하여 유전모수를 정확히 추정하는 것은 현재 자료의 수준상 환경요인과 관련된 자료수집의 제약이 다수 작용한 것으로 사료되었다. 특히, 각 농가별 각기 개체를 사육하면서 발생할 수 있는 여러 환경효인들에 대한 자료를 수집 및 분석하는데 현재 자료로는 한계가 있었다. 그리고 본 연구에서는 대상개체에 대한 심사지역을 우리나라의 다양한 지형적, 기후적 특성을 시·도로 그룹할 수밖에 없었고, 각 지역별 심사자의 심사 편차 등에 따라 몇몇 형질의 전체분산이 높아질 수밖에 없었던 원인 등에 의해 유전력이 낮게 추정된 것으로 사료되었다. 그리고 심사자의 경우 심사자의 지역이동 및 심사연도에 따른 요인으로 편차가 발생할 수 있으며, 주요 환경요인으로 심사자 효과가 점수에 많은 영향을 주어 유전모수의 추정치가 달라질 수 있기 때문에 이를 위해 각 출생지별로 사육두수가 많은 농가를 비교적 균등하게 선정하여 각 개체에 대하여 반복 심사를 하거나, 다수의 심사자가 동일개체에 대해 평가한 자료를 수집하여 유전능력평가에 오차를 최소화 할 수 있는 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것으로 판단되었다. 본 연구결과를 통해 종합점수, 체고, 체장의 유전력이 중저도의 수치를 보임에 따라 이 형질들을 바탕으로 한우 선형심사형질을 이용한 체형개량이 기대되며 앞으로 우리나라 한우 암소에 알맞은 선형심사형질을 통한 체형을 파악하여 선형심사 형질과 경제형질 간 관련성 분석을 통하여 우량 암소 선발 및 도태에 선형심사 형질이 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 김형철, 서강석, 조용민, 이득환, 박영일, 조병대, 최재관. 1997. 30개월령 한우의 체중 및 체형에 대한 유전력 및 유전적 개량추세의 추정. 한국동물유전육종학회지 1(4): 273-276.
- 손삼규, 백동훈, 최호성, 한광진. 1997. 개량단지 한우 암소의 경제형질에 대한 유전력 추정. 한국축산학회지. 39(6):653-660.
- 송치은, 상병찬, 도창희. 2002. 국내 홀스타인젖소의 선형심사에 대한 보정계수 개발. 한국축산학회지. 44(1):3-12.
- 이문연. 1986. 한우의 체중과 체형에 대한 유전모수 추정과 종모우 평가에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문.

- 최호성, 백동훈, 최광수. 1996. 한우의 체중 및 체위형질에 대한 유전력 및 유전상관의 추정. 한국동물자원과학회지. 38(5):463-470.
- Cole JB. and Null DJ. 2009. Genetic evaluation of lactation persistency for five breeds of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 92:2248-2258.
- Dadati E, Kennedy BW, and Burnside EB. 1985. Relationships between conformation and reproduction in Holstein cows: Type and calving performance. *J. Dairy Sci.* 68:2639-2645.
- DeGroot BJ, Keown JF, Van Vleck LD, and Marotz EL. 2002. Genetic parameters and responses of linear type, yield traits, and somatic cell scores to divergent selection for predicted transmitting ability for type in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 85:1578-1585.
- Duru S, Kumlu S, and Tuncel E. 2012. Estimation of variance components and genetic parameters for type traits and milk yield in Holstein cattle. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 36(6):585-591.
- Forabosco F, Groen AF, Bozzi R, Van Arendonk JA, Filippini F, Boettcher P, and Bijma P. 2004. Phenotypic relationships between longevity, type traits, and production in Chianina beef cattle. *J. Anim. Sci.* 82:1572-1580.
- Gutierrez JP, and Goyache F. 2002. Estimation of genetic parameters of type traits in Asturiana de los Valles beef cattle breed. *J. Anim. Bree. Genet.* 119:93-100.
- Gutierrez JP, Alvarez I, Fernandez I, Royo LJ, Diez J, and Goyache F. 2002. Genetic relationships between calving date, calving interval, age at first calving and type traits in beef cattle. *Livestock Production Sci.* 78:215-222.
- Han KJ. 2002. Estimation of Genetic Parameters for Body Weight and Body Measurement of Korean Cattle. *J. Anim. Sci. Technol. (Kor.)* 44(2):201-206.
- Henderson CR. 1976. A Simple Method for Computing the inverse of a numerator relationship matrix used in prediction of breeding values. *Biometrics.* 32:69-83.
- Koo YM, Ji Kim, CE Song, BD Cho, BW Kim and JG Lee. 2008. A study on genetic parameters of carcass weight and body type measurements in Hanwoo Steer. *J. Anim. Sci. Technol. (Kor.)* 50(2):157-166
- KAIA(Korea Animal Improvement Association). 2023. Hanwoo Linear Classification Technical Education Textbook. [in Korean]
- Lee KH, Koo YM, Kim JI, Song CE, Jeoung YH, Noh JK, Ha YN, Cha DH, Son JH, Park BH, Lee JG, and Lee JG. 2017. Estimation of Genetic Parameters for Linear Type and Conformation Traits in Hanwoo Cows. *J. Agri. & Life Sci.* 51(6):89-105.
- Lee KH. 2011. Estimation of genetic parameter for linear type and conformation traits in Hanwoo cow. Chungnam National University. Ph.D. dissertation.
- Misztal I, Lawlor TJ, and Short TH. 1992. Multiple-trait estimation of variance components of yield and type traits using an animal model. *J. Dairy Sci.* 75:544-551.
- Misztal I. 2012. BLUPF90 family of programs. University of Georgia, Athens. <http://nce.ads.uga.edu/wiki/doku.php>
- Napolitano, Catillo, Lucili, Carretta, Di Giacomo, Rossi, and Moili. 2001. Evidence for quantitative traits locus for conformation traits on chromosome 19 in beef cattle. *J. Anim. Breeding & Genetics*, 118:119-124.
- Němcová E, Štípková M, and Zavadilová L. 2011. Genetic parameters for linear type traits in Czech Holstein cattle. *Czech J. Anim. Sci.* 56(4):157-162.
- Thompson FR, Freeman AE, Wilson DJ, Chapin CA, Berger PJ, Kuck A. 1981. Evaluation of linear type linear program in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 34:1610-1617.
- Vanraden PM, Jensen EL, Lawlor TJ, and Funk DA. 1990. Prediction of transmitting abilities for Holstein type traits. *J. Dairy Sci.* 73:191-197.
- Veerkamp RF, Gerritsen CLM, Koenen EPC, Hamoen A, and Dejong G. 2002. Evaluation of classifiers that score linear type traits and body condition score using common sires. *J. Dairy Sci.* 85:976-983.
- Vollema AR, and Groen AF. 1998. A comparison of breeding value predictors for longevity using a linear model and survival analysis. *J. Dairy Sci.* 81:3315-3320.
- Weigel DJ, Cassell BG, and Pearson RE. 1997. Prediction of transmitting abilities for productive life and lifetime profitability from 135 -production, somatic cell count, and type traits in milk markets for fluid milk and cheese. *J. Dairy Sci.* 80:1398-1405.