



Genetic Parameters and Trends of Carcass Traits in the Hanwoo Cattle Population under Selection

SeokHyun Lee², SoHee Kim¹, ByungHo Park², SiDong Kim² and ChangHee Do^{1*}

¹Division of Animal and Dairy Science, Chungnam National University, Daejeon 34134.

²National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan, 31000, Korea.

Abstract

This study was conducted to investigate the genetic parameters and trends using the carcass data of Hanwoo (Korean beef cattle). The traits to be analyzed were six of the back fat thickness, the longissimus muscle, the carcass weight, the intramuscular fat, the meat quality and quantity grade. The heritabilities estimated were 0.31, 0.34, 0.42, 0.43, 0.24, and 0.17, respectively, using the REML Animal model. In the genetic correlation, the back fat thickness showed positive correlations with the carcass weight, intramuscular fat and meat quantity grade of 0.31, 0.10, and 0.93, respectively, and negatively correlated with the longissimus muscle and meat quality grade of -0.06 and -0.13. The longissimus muscle was positively correlated with the carcass weight and intramuscular fat of 0.66 and 0.26, respectively, and negatively correlated with the meat quality and quantity grade of -0.25 and -0.36, respectively. Correlation between carcass weight and quality grade was 0.15 and 0.13, respectively. Correlation between carcass weight and meat quality grade was negative at -0.13. Intramuscular fat was negatively correlated with meat quality grade at -0.98. The annual genetic improvement estimated by simple regression was estimated to be -0.027mm in back fat thickness, 0.072cm² in longissimus muscle area, 0.396kg in carcass weight, 0.011 in intramuscular fat score, -0.003, in meat quality point and -0.004 in meat quantity grade point, respectively.

Keywords : Hanwoo, carcass traits, genetic parameter, genetic trend

Introduction

한우는 농경사회였던 우리나라에서 주로 역용으로 사용되었지만 산업 발달 이후 농업의 현대화로 인해 한우는 점차 육용으로 사육되기 시작하였다. 한우에 대한 소비자의 정서는 육질이 좋은 소라는 인식이 자리 잡기 시작하면서 소고기 소비량이 증가하였다. 통계(KOSIS, 2017)에 따르면 국민 1인당 쇠고기 소비량은 1970년도에 1.2kg으로부터 2010년도에 10kg 이상으로 지속적인 증가를 보이고 있다. 그 결과 국민 1인당 한우 소비량 또한 지속적으로 증가했으며 2005년 1.9kg에서 2014년도에 4.4kg으로 10년간 약 2.3배 증가하였다.

시기에 따라 소비자들의 선호도는 변화하고 소비량도 증가하였다. 따라서 한우 고급육을 생산하기 위해 한우의 형질들이 개량되어왔고 선발지수 또한 변화가 계속적으로 이루어져 왔다. 한우의 개량방향을 설정하는 가축개량협의회에 의해서 개량초기인 1987년에는 일당증체량, 18개월 체중, 사료효율, 생체검정성적 위주로 개량되었고 이후 1992년도에는 일당증체량, 근내지방도, 6개월 체중을 측정 개량하기 시작했다. 1996년도에는 6개월 체중을 제외한 일당증체량과 근내지방도를 사용하였고 쇠고기

*Corresponding author: ChangHee Do, Division of Animal and Dairy Science, Chungnam National University, Daejeon 34134.

Received: 6 February, 2018, Revised: 10 March, 2018, Accepted: 8 June, 2018



© Journal of Animal Breeding and Genomics 2018. 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.

등급판정제가 시행된 1997년도 이후 도체중, 등심단면적 근내지방도 등 도체성적에 대한 개량을 시작하였고, 2008년부터는 등심단면적, 등지방 두께, 근내지방도를 한우의 주요 경제 형질로 분류하여 개량이 이루어지고 있다(NIAS, 2017).

2008년 이후 한우의 개량에 있어 씨수소의 선발과 더불어 암소의 선발에도 정부가 관심을 갖고 암소의 검정사업을 지역조합으로 구성된 50개 사업단과 더불어 시행하고 있다. 참여 사업단들의 농가들이 사육하고 있는 암소의 유전능력 평가와 더불어 우수 암소에 대한 다산장려와 더불어 능력이 떨어지는 개체들의 조기도태를 유도하였다.

본 연구는 한우 암소검정사업이 수년간 진행됨에 따라 한우의 개량 정도를 파악하기 위해서 등심단면적, 등지방 두께, 근내지방도, 도체중, 육질등급, 육량등급의 유전모수와 유전적 변화를 조사하였다.

Materials and Methods

1. 분석자료

본 연구에 이용된 자료는 2000년부터 2014년도 사이에 10개 지역에서 출생한 양쪽 부모 모두를 모르는 개체를 제외한 22개월령부터 70개월령인 한우 119,545두와 종축 개량협회에 등록된 203,536두의 혈통기록을 이용하였다. 도축 시 계절은 봄(3월-5월), 여름(6월-8월), 가을(9월-11월), 겨울(12월-2월)로 분류하였고 분석에 이용된 두수의 분포는 Table 1에 제시하였다.

분석형질로는 등지방두께(mm), 등심단면적(cm²), 도체중(kg), 근내지방도(점수), 육질등급(1~6), 육량등급(1~3)으로 6형질을 이용하였으며 평균에서 ±3SD를 초과하는 기록은 자료의 신뢰도를 높이기 위해 제거하고 119,545두의 기록을 이용하였다. 도체는 도축하여 내장, 머리, 꼬리와 다리를 제거하고 24시간이 경과한 후 무게를 측정하고 평가사에 의해서 평가된다. 등심단면적은 등뼈의 끝으로부터 갈비살의 3분의 2 지점에서 등심살의 단면을 측정하고, 등지방 두께도 그 지점에서는 피하지방층의 두께를 측정한다(Park et al., 2002). 육질등급은 점수로 환산하여 1++에서 3등급 그리고 D까지 1에서 6점을 각각 부여하여 점수 1이 가장 우수한 1++에 부여되었고, 육량등급 A, B 그리고 C에 대해서 1부터 3까지 점수를 각각 부여하여 분석하였다.

2. 통계분석

유전모수와 육종가를 추정하기 위하여 Multi-trait Animal model을 이용하였고, 분석에 고려된 모형은 6개의 도체 형질에 대한 환경요인을 예비 분석하여 모형에 포함시켰으며, 그 모형은 다음과 같다.

$$y_{ijklm} = \mu + L_i + Sn_j + Sx_k + Br_l + age_m + a_{ijklm} + e_{ijklm}$$

Table 1. Number of animals by location, sex and season of slaughter

Location	Head	Season	Head	sex	Head
1	13621	Spring	23656	Female	51778
2	361	Summer	30202	Male	8386
3	5765	Fall	31922	Steer	59381
4	1318	Winter	33765		
5	13267				
6	12960				
7	1577				
8	34277				
9	21485				
10	14914				
Total			119545		

y_{ijklm} : i 번째 지역, j 번째 계절, k 번째 성, l 번째 출생년도, m 개체의 기록

μ : 집단의 평균

L_i : i 번째 지역의 효과 ($i=1, 2, 3, \dots, 10, 11$)

Sn_j : j 번째 도축 시 계절 효과 ($j=1, 2, 3, 4$)

Sx_k : k 번째 성의 효과 ($k=1, 2, 3$)

B_l : l 번째 출생년도의 효과

age_m : 공변이로서 m 개체의 월령

a_{ijklm} : i 번째 지역, j 번째 계절, k 번째 성, l 번째 출생년도, m 개체의 임의 상가적 유전효과

e_{ijklm} : m 개체의 임의의 잔차 효과

본 연구에서는 상기의 분석모형을 활용하여 분석프로그램인 Wombat(Meyer, 2007)을 이용하였고, DFREML(Derivative Free Restricted Maximum Likelihood) 방법으로 log likelihood 값의 차이가 10^8 이하에 도달 할 때를 수렴조건으로 하여 반복 추정 하였다. 이와 같이 추정된 분산치를 이용한 상가적 유전 효과에 대한 유전력은 다음과 같이 구한다.

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

여기서 h^2 =유전력, σ_a^2 =상가적 유전분산, σ_e^2 =환경 효과 및 비 상가적 유전효과에 의한 분산이고 측정된 형질간의 유전상관 및 표현형상관은 다음과 같이 구하였다.

$$r_{G_{ij}} = \frac{cov_{a(ij)}}{\sqrt{\sigma_{a(i)}^2 + \sigma_{a(j)}^2}} \quad \text{및} \quad r_{P_{ij}} = \frac{cov_{p(ij)}}{\sqrt{\sigma_{p(i)}^2 + \sigma_{p(j)}^2}}$$

여기서, $r_{G_{ij}}$ = 두 형질간 유전상관, $cov_{a(ij)}$ = 두 형질간 유전공분산, $\sigma_{a(i)}^2$ = i 번째 형질의 상가적 유전분산, $\sigma_{a(j)}^2$ = j 번째 형질의 상가적 유전분산, $r_{P_{ij}}$ = 두 형질간 표현형 상관, $cov_{p(ij)}$ = 두 형질의 표현형공분산, $\sigma_{p(i)}^2$ = i 번째 형질의 표현형 분산, $\sigma_{p(j)}^2$ = j 번째 형질이 표현형분산이다.

Results and Discussion

1. 일반능력

본 연구에서 이용한 도체형질들의 기초통계량은 Table 2에 제시하였다. 등지방 두께는 11.90 ± 4.57 mm, 등심 단면적은 84.65 ± 11.68 cm², 도체중 374.50 ± 62.96 kg, 근내지방도 4.50 ± 2.17 , 육질등급 3.06 ± 1.16 , 육량등급 1.79 ± 0.67 로 조사 되었다. Park et al. (2002)의 결과 도체중 265.7kg, 등심면적 70.5cm², 근내지방도 2.3과 비교하면 한우의 산육 및 육질형질의 성적이 큰 차이로 향상되었다. 그들의 결과도 국내에서 도축된 같은 한우집단으로 시점은 육류등급판정이 1995년 시작되고 아직 도체성적에 대한 개량이 본격적으로 시행되지 않았던 시기라 여러 해가 지난 후 조사된 본 연구에서 나타난 성적향상의 일부분은 한우의

도체형질 개량의 결과로 보아도 무리가 없을 것으로 생각된다.

Table 3은 한우에 대한 각 형질 대한 분산성분의 값들과 유전력을 제시하였다. 유전력은 등지방두께 0.31, 등심단면적 0.34, 도체중 0.42, 근내지방도 0.43, 육질등급 0.24, 육량등급 0.17로 추정되었다. 등지방두께 0.20, 등심단면적 0.23, 도체중 0.28, 근내지방도 0.28로 보고된 Do et al. (2016)의 추정치와 차이를 보였고, 위의 4개 형질에 대해 0.35, 0.27, 0.31, 0.48로 보고한 Yun et al. (2002)의 추정치와 비슷하였다. Do et al. (2016) 자료와 차이를 보이는 것은 부모가 식별되지 않은 자료와 수치 정규성 이상 등의 있는 자료를 제외하고, 유전분석에서 Do et al. (2016)은 광범위(nationwide scale)한 자료의 채택으로 의도적인 이상 자료 제거와 환경효과를 보정할 수 있는 자료를 섬세한 통계모형 선택에 관심을 적게 갖은 것으로 보이며, 결과적으로 환경효과 보정이 낮아져 유전력이 낮게 추정된 것으로 사료된다. 자료의 량이 적음에도 불구하고 유전력의 표준오차는 Do et al. (2016)과 유사하게 나타남으로서 자료의 수는 적지만 이상 자료의 제거를 통하여 자료의 신뢰도를 높여 나타난 결과로 생각된다.

Table 3은 한우에 대한 각 형질 대한 표현형상관과 유전상관을 제시하였다. 유전상관은 등지방두께와 도체중, 근내지방도, 육량등급에서 각각 0.31, 0.10, 0.93으로 정의 상관을 나타내었다. 등심단면적과 육질등급에서 -0.06, -0.13으로 부의 상관을 나타내었다. 등지방 두께가 육량등급(낮을수록 우수)에는 부정적인 관계에 있어 등지방이 두꺼워지면 육량등급이 떨어지고, 육질등급(낮을수록 우수)과는 낮지만 긍정적인 관계로 육질등급이 좋아지는 반면, 등심면적과는 부정적인 관계로 나타났다. 등심단면적과 도체중, 근내지방도에서 각각 0.66, 0.26로 정의 상관을 보였고 육질등급, 육량등급에서 -0.25, -0.36으로 부의 상관을 나타내었다. 등심면적은 도체중, 근내지방도, 육질 및 육량등급과 모두 긍정적인 관계를 보여줌으로서 등심면적의 개량은 다른 도체형질에 긍정적으로 영향하게 된다. 도체중과 근내지방도, 육량등급에서는 0.15, 0.13으로 정의상관을 나타내었고 육질등급에서는 -0.13으로 부의상관을 나타내었다. 도체중의 개량이 근내지방도와 육질등급에 긍정적인 효과를 가져 오지만 육량등급에서는 부정적 효과를 가져오는 것으로 조사되었다. 근내지방도와 육질등급은 -0.98으로 높은 부의상관을 나타내어 육질등급에 근내지방도의 함량이 크게 영향하는 것을 보여준다. 육량등급은 0.03으로 상관관계가 미미하였다. 육질등급과 육량등급은 -0.07로 상관관계가 또한 미미하였다.

유전상관에서 등지방두께와 등심단면적은 Do et al. (2016)이 보고한 -0.07과 유사하게 나타났으며 Yoon et al. (2002)이 보고한 -0.02와도 비슷하게 미미한 상관관계를 보였다. 등지방두께와 근내지방도는 Yoon et al. (2002)이 보고한 0.46보다 낮은 정의 상관을 보였고 등지방두께와 도체중은 Do et al. (2016)이 보고한 0.17보다 높은 정의상관을 보였으며 Yoon et al.(2002)이 보고한 -0.03과는 큰 차이를 보였다. 등심단면적과 도체중은 Do et al. (2016)과 Yoon et al. 등(2002)이 보고한 0.80, 0.56과 비교할 때

Table 2. Simple statistics of the traits

Trait	Head	Mean	STD	Min	Max
Back fat thickness (mm)	105580	11.9	4.6	5	27
Longissimus muscle area (cm ²)	110589	84.7	11.7	34	131
Carcass weight (kg)	119293	374.5	63	171	562
Intramuscular fat score (1~9)	110407	4.5	2.17	1	9
Quality grade score (1~6)	119545	3.06	1.16	1	6
Quantity grade score (1~3)	118388	1.79	0.67	1	3

Table 3. The additive variances and phenotypic variances for the traits

Trait	Additive variance	Phenotypic variance	h^2	\pm SE
Back fat thickness (mm)	6.31	20.38	0.31	0.019
Longissimus muscle area (cm ²)	39.02	115.25	0.34	0.021
Carcass weight (kg)	914.92	2184.9	0.42	0.019
Intramuscular fat score (1~9)	1.65	3.86	0.43	0.023
Quality grade score (1~6)	0.27	1.13	0.24	0.015
Quantity grade score (1~3)	0.07	0.44	0.17	0.018

두 연구의 중간 정도의 상관을 보였으며 근내지방도는 Yoon et al.(2002)이 보고한 0.17보다 높은 정의상관을 보였다. 도체중과 근내지방도는 Yoon et al. (2002)이 보고한 0.30보다 낮은 정의상관을 보였다.

이러한 결과를 종합하여 볼 때 등지방 두께가 두꺼워질 때 육질의 개선에는 미약한 긍정적 영향을 미치지만 육질등급이나, 육량등급에는 부정적인 영향을 미치게 된다. 그러나 등심면적의 개선은 육량등급, 도체중, 육질등급에도 긍정적 영향을 미침으로서 등심면적이 중요한 형질로 여겨진다. 반면에 근내지방의 개선은 육량이나 등심면적에 긍정적 영향을 미치나, 등지방 두께를 증가시킴으로서 육량등급에는 부정적인 영향을 미치게 된다.

표현형상관은 등지방두께와 등심단면적, 도체중, 근내지방도, 육량등급에서 각각 0.12, 0.36, 0.13, 0.59로 정의 상관을 나타내었고 육질등급에서는 -0.10로 부의 상관을 나타내었다. 등심단면적과 도체중, 근내지방도는 0.57, 0.30으로 정의상관을 나타내었고 육질등급과 육량등급은 -0.21, -0.15로 부의상관을 나타내었다. 도체중은 근내지방도와 육량등급에서 0.20, 0.15로 정의상관을 나타내었고 육질등급과 -0.15로 부의상관을 나타내었다. 근내지방도와 육질등급은 -0.69로 높은 부의상관을 보였고 육량등급은 0.02로 상관관계가 미미하였다. 육질등급과 육량등급은 -0.09로 부의 상관을 나타내었다.

표현형상관에서 등지방두께와 등심단면적은 Moon et al. (2007)이 보고한 -0.03보다 높은 정의상관을 보였고 도체중은 Do et al. (2016)이 보고한 0.08보다 조금 높은 정의 상관을 보였고 Moon et al. (2007)이 보고한 0.07보다 높은 정의상관을 보였다. 등지방두께와 근내지방도는 Moon et al. (2007)이 보고한 0.29보다는 낮은 정의 상관을 보였고 Do et al. (2016)이 보고한 0.15와는 비슷한 정의 상관을 보였다. 등심단면적과 도체중은 Do et al. (2016)과 Moon et al. (2007)이 보고한 0.62, 0.66과 비슷한 정의 상관을 보였고 근내지방도는 Moon et al. (2007)이 보고한 0.08보다는 높은 정의 상관을 보였다. 도체중과 근내지방도는 Moon et al. (2007)이 보고한 0.07보다는 높은 정의 상관을 보였다.

3. 유전적 변화 추세

Figure 1은 분석된 집단의 근친수준 변화 추이를 나타내고 있다. 집단 근친계수는 2000년도부터 2014년도까지 연간 0.03% 정도 증가한 것으로 나타났다. 한우는 국가단위의 개량을 통하여 씨수소의 평가와 선발이 이루어지고 있다. 씨수소의 국가단위의 선발은 씨수소의 정액들이 전국적으로 이용되는 것을 의미한다. 따라서 전국 수준의 근친을 관리할 필요가 있다. 농가에서는 과도한 근친을 피하기 위한 교배조합을 선택할 필요가 있다. 한우개량사업소는 자체적으로 한우 핵군 집단인 육종농가수를 늘려 선발대상 우군의 크기를 확대하여 과도한 근친의 후보씨수소의 선발을 낮추고, 암소검정 사업단인 지역 축협은 농가를 지도하여 과도한 근친이 방지되도록 농가를 지도하여온 것이 근친 증가 속도를 낮은 수준으로 유지한 요인으로 사료된다.

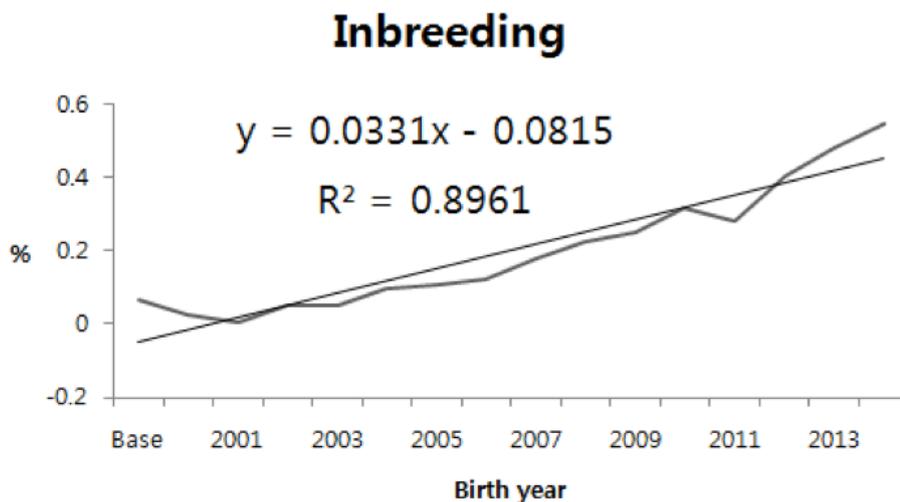


Figure 1. Trend of inbreeding coefficients in the Hanwoo population.

Figure 2는 각 형질에 대해서 출생 연도별로 육종가의 평균의 변화를 나타내고 있다. 또한 유전적 변화 추세를 보기위해 단순 회귀로 추세선을 그래프에 나타내었다. 형질에 따라서는 단순회귀로 추정할 경우 적합도가 높지 않을 수도 있지만 대략적인 개량추세를 파악하기 위하여 일괄적으로 단순회귀를 적용하였다.

각 형질별 2000년부터 2014년까지 기초 집단으로부터 개량되어진 연간 유전적 개량량은 등지방두께 -0.027mm, 등심단면적 0.072cm², 도체중 0.396kg, 근내지방도 0.011, 육질등급 -0.003, 육량등급 -0.004으로 각각 추정되었다. 도체중, 등심면적의 개량이 효율적으로 진행된 것으로 추정되었으며 육량 중심의 개량의 결과로 사료된다. 근내지방도는 2001년부터 2008년도까지 지속적으로 감소하는 추세를 보이다가 2009년 이후로 큰 폭으로 증가한 후 변화가 미미하였다. 육질등급과 육량등급에서 평균선의 오르내림은 육질등급과 육량등급은 개량의 목표 형질이 아닌 2차적인 가공 형질이고 등급판정기준의 변화도 이러한 결과의

Table 4. The phenotypic (lower diagonal) and genetic (upper diagonal, bold) correlations between the traits

Trait	BF	LM	CW	IMF	QL	QN
Back fat thickness (BF)		-0.06	0.31	0.1	-0.13	0.93
Longissimus muscle (LM)	0.12		0.66	0.26	-0.25	-0.36
Carcass weight (CW)	0.36	0.57		0.15	-0.13	0.13
Intramuscular fat (IMF)	0.13	0.3	0.2		-0.98	0.03
Quality grade (QL)	-0.1	-0.21	-0.15	-0.69		-0.07
Quantity grade (QN)	0.59	-0.15	0.15	0.02	-0.09	

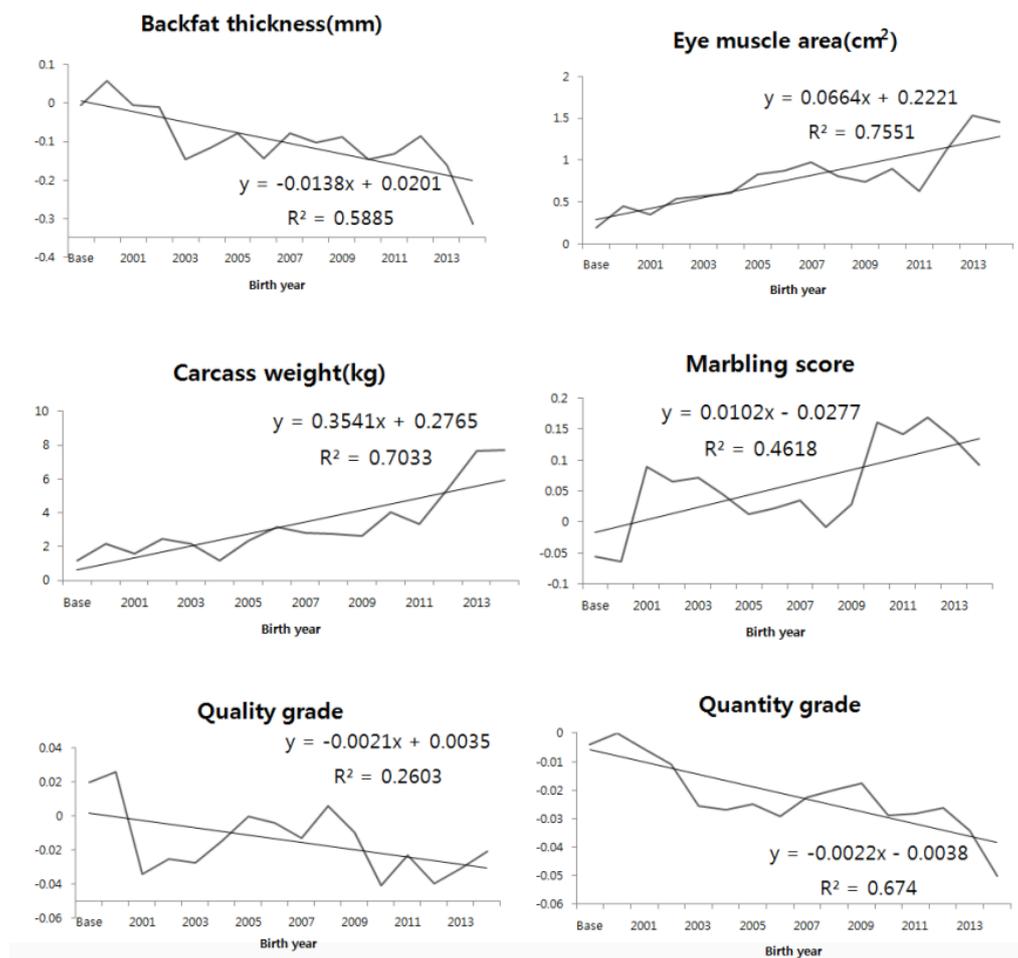


Figure 2. Genetic trends of the traits in the Hanwoo population.

한 원인으로 사료된다. 이러한 결과들을 종합하여 볼 때 한우의 개량은 암소의 선발로만 이루어진 것은 아니지만 육량에 있어 도체중과 등심면적이 크게 개량되어 가고 있지만, 육질 면에서는 효율적인 개량이 이루어지지 않았음을 보여준다. 이러한 사실은 육질등급의 육종가 추세에 있어서도 연도별 등급이 간접적으로 보여 주고 있다.

요약

본 연구는 한우의 개량을 위한 암소검정사업을 통하여 암소의 평가와 선발을 실시하여온 성과를 조사하기 위해서 그 대상 농가들의 출하하여 수집된 도체형질들의 자료를 이용 유전모수 추정과 더불어 유전적 변화를 조사하였다. 자료는 2000년부터 2014년도 사이에 10개 지역에서 출생한 22 월령부터 70 월령인 한우 119,545두와 종축 개량협회에 등록된 203,536두의 혈통기록을 이용하였다. 분석대상 형질로는 등지방두께(mm), 등심단면적(cm²), 도체중(kg), 근내지방도(1~9점), 육질등급(1~6), 육량등급(1~3)의 6형질이었다. REML Animal model에 의해 육종가와 유전모수를 추정하였으며, 유전력은 등지방두께 0.31, 등심단면적 0.34, 도체중 0.42, 근내지방도 0.43, 육질등급 0.24, 육량등급 0.17로 추정되었다. 유전상관은 등지방두께와 도체중, 근내지방도, 육량등급에서 각각 0.31, 0.10, 0.93으로 정의 상관을 나타내었다. 등심단면적과 육질등급에서 -0.06, -0.13으로 부의 상관을 나타내었다. 등심단면적과 도체중, 근내지방도에서 각각 0.66, 0.26로 정의 상관을 보였고 육질등급, 육량등급에서 -0.25, -0.36으로 부의 상관을 나타내었다. 도체중과 근내지방도, 육량등급에서는 0.15, 0.13으로 정의상관을 나타내었고, 육질등급에서는 -0.13으로 부의상관을 나타내었다. 근내지방도와 육질등급은 -0.98으로 높은 부의상관을 보여 근내지방도가 육질등급의 제일의 요인임을 보였다. 단순회귀로 추정한 연간 유전적 개량량은 등지방두께 -0.027mm, 등심단면적 0.072cm², 도체중 0.396kg, 근내지방도 0.011, 육질등급 -0.003, 육량등급 -0.004으로 각각 추정되었다.

이러한 결과들로 볼 때 등지방 두께가 육량등급에는 부정적으로 영향하지만 육질등급과는 낮지만 긍정적인 영향을 미치는 것으로 밝혀졌고, 등심면적과는 부정적인 관계로 나타났다. 등심면적이 커짐에 따라 도체중, 근내지방도, 육질 및 육량등급에 모두 긍정적 영향을 나타냄으로서 등심면적의 개량은 다른 도체형질의 개량에 긍정적으로 영향하며, 도체중의 개량이 근내지방도와 육질등급에 긍정적인 효과를 유도하지만 육량등급에서는 부정적 효과를 보여준다. 또한 육질등급에 근내지방도의 함량이 크게 영향하지만, 육질등급과 육량등급은 서로 영향을 미치지 않는 것으로 여겨진다. 한우의 개량은 암소의 선발로만 이루어진 것은 아니지만 육량에 있어 도체중과 등심면적이 크게 개량되어 가고, 육질면에서도 개량이 성과가 있음을 보여준다.

REFERENCES

- Do, CH, BH Park, SD Kim, TJ Choi, BS Yang, SB Park and HJ Song. 2016. Genetic parameter estimates of carcass traits under national scale breeding scheme for beef cattle. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 29:1083-1094.
- Hwang, EG, MJ Bea, BK Kim. 2010. Research on Consumers Purchasing Characteristics and Satisfaction for Hanwoo Beef. *Korean Soc Food Sci Nutr* 39(5), 709~718. [in Korean]
- Jung JH, Shin KS, Choe HS, Na CS. 2014. Estimates of Genetic parameters for Growth Traits of Different Breeds in Swine. *Journal of Agriculture & Life Science* 48(3) pp.105-112. [in Korean]
- Kim, S. 2011. A study on consumer preferences for Hanwoo meat, Ph. D. Thesis. Konkuk University.
- KOSIS. 2017. Korea Statistical Information Service. kosis.kr
- Lee JG, Park BH, Choy YH, Cho CI, Koh DY, Do CH, Choi TJ. 2015. Expected Genetic Progress of Primal Cut Weights and Percentages by Different Selection Index Weights in Hanwoo. *Journal of Agriculture & Life Science* 49(5) pp.179-194. [in Korean]

- Meyer, K. 2007. WOMBAT-A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). *Journal of Zhejiang University Science B*8(11): 815-821.
- Moon WG, Kim BW, Roh SH, Jung DJ, Sun DW, Kim KN, Yoon YT, Jung HJ, Jeon JT, Lee JG. 2007. Estimation of Environmental Effect and Genetic Parameters for The Carcass Traits in Hanwoo(Korean Cattle). *Journal of Animal Science and Technology* 49(6): 689-698. [in Korean]
- NIAS(National Institute of Animal Science) 2017. The materials related animal genetic improvement. p166~202 [in Korean]
- Park, GB, SS Moon, YD Ko, JK Ha, JG Lee, HH Chang, and ST Joo. 2002. Influence of slaughter weight and sex on yield and quality grades of Hanwoo (Korean native cattle) carcasses. *J. Anim. Sci.* 80:129-136.
- Yoon HB, SD Kim, SH Na, UM Chang, HK Lee, GJ Jeon and DH Lee. 2002. Estimation of Genetic Parameters for Carcass Traits in Hanwoo Steer. *Journal of Animal Science and Technology* 44(4): 383-390. [in Korean]