

## 육질개량을 위한 한우번식우의 유전능력평가

원정일 · 김종복 · 이정구\*

강원대학교 동물자원학과

## Evaluation of Genetic Ability for Meat Quality in Hanwoo Cow

Jung-il Won, Jong-bok Kim and Jeong-koo Lee\*

Dept. of Animal Resources Science, Kangwon National University

### ABSTRACT

This study was carried out to estimate genetic parameters and breeding values of Hanwoo cows for carcass traits. Carcass records were collected from Korean steers raised at the private farms located in rural area of Gangwon-do and slaughtered from December 2004 to June 2008 at the three slaughter houses near fattening farm. The results obtained in this study were summarized as follows; The means and standard deviations of the carcass traits were  $5.57 \pm 2.01$  for marbling score (MS),  $10.87 \pm 4.06$  mm for backfat thickness (BFT),  $87.87 \pm 9.07$  cm<sup>2</sup> for eye muscle area (EMA),  $426.75 \pm 49.27$  kg for carcass weight (CW), and  $65.80 \pm 3.80$  for yield index (YI). Heritability estimates using single trait analyses were 0.36 for MS, 0.35 for BFT, 0.24 for EMA, 0.29 for CW, and 0.40 for YI, respectively. Genetic correlation coefficients of MS with BFT, EMA, CW, and YI were -0.21, 0.30, -0.21 and 0.30, and those of BFT with EMA, CW and YI were -0.12, 0.57 and -0.97, and those of EMA with CW and YI were 0.32 and 0.27, respectively. And genetic correlation of CW with YI was -0.62. Single trait selection for MS might lead to reducing BFT, but might be an obstacle to increase CW due to negative genetic correlations of MS with BFT and CW.

(Key words : Genetic parameters, Heritability, Genetic correlation, Hanwoo)

### 서 론

최근 들어 각 지역에 있는 생산자 단체나 지방 행정기관에서는 한우 농가의 수익성을 향상시킬 목적으로 지역 내에서 사육하고 있는 번식용 한우 암소에 대한 육질을 유전적으로 향상시키는 데 관심을 갖기 시작했다.

평균적으로 송아지의 유전능력은 어미와 아버로부터 각각 50%씩 전달받는다는 점을 고려할 때 번식용 암소에 대한 육질 개량은 현행 한우 능력 검정체계를 통해 선발된 종모우만을 이용할 경우에 비하여 한우의 개량성과를 높일 수 있으며, 그에 따른 한우 사육농가의 수익성을 더욱 효율적으로 개선시킬 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 육질과 관련된 형질은 대부분 도축한 후 측정이 가능하기 때문에 번식용 암소로부터 이들 형질을 직접 측정하여 번식용 암소의 육질에 대한 유전 평가는 결코 간단치 않다. 일반적으로 번식우의 도체형질에 대한 유전능력은 자손으로부터 조사된 도체형질 측정치와 혈통정보를 이용하여 비교적 높은 수준의 신뢰도를 가진 유전 평가를 할 수 있다.

물론 한우 암소에 대한 개량은 사양 환경이 통일되지 않은 많은

농가가 참여하기 때문에 환경변이를 보정하는 것이 용이하지 않다는 점과 혈통관리가 부정확하기 때문에 추정되는 유전모수의 신뢰도가 낮아지는 문제를 가질 수 있다. 그렇다 하더라도 번식우 집단의 유전모수와 암소의 육종가를 추정하고, 추정된 육종가에 근거한 암소 선발과 개체 별 약점을 보완하는 교정교배를 반복한다면 지역에서 사육하고 있는 번식용 암소들의 유전능력은 빠른 속도로 개량될 수 있을 것이다.

따라서, 본 연구의 목적은 비교적 한우의 혈통관리가 집단적으로 잘 되고 있고, 출하하는 거세우의 도체 성적이 체계적으로 조사되고 있는 강원도내 농촌 지역 1개 군을 대상으로 한우 사육농가로부터 수집된 거세우 도체성적 자료와 혈통 정보를 이용하여 육질과 관련된 도체형질의 유전모수를 추정하고, 번식우 개체 별 유전평가를 실시함으로써 이 지역의 번식용 암소 선발에 필요한 기초 정보를 제공하는 데 있다.

### 재료 및 방법

본 연구에 이용된 자료는 강원도 농촌지역 1개 군 내 사육농가에서 사육되고 2004년 12월부터 2008년 6월까지 43개월 동안 도

\* Corresponding author : Lee Jeong-koo, Dept. of Animal Resources Science, College of Animal Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea. Tel: +82-33-250-8614, E-mail: jklee@kangwon.ac.kr

축장 3개소에서 도축된 한우 거세우 6,431두의 자료로서, 도축장 및 도축년월 별 기록수는 Table 1과 같다.

혈통정보는 한국종축개량협회의 혈통등록기록을 이용하여 도축우의 8대 선조까지 추적하여 정리 하였고, 정리된 혈통자료는 도축우를 포함하여 총 14,957두였으며, 혈통자료를 구성하고 있는 종모우와 종빈우 두수는 각각 341두와 8,104두였다.

본 연구의 분석대상 형질은 축산물등급판정소의 한우 등급판정결과표에 기록된 냉도체중, 배회장근단면적, 육량지수, 등지방두께 및 근내지방도이며, 각 형질에 대한 통계분석 모형은 다음과 같다.

$$Y_{ij} = \mu + \text{symgroup}_i + b_1X + b_2X^2 + a_{ij} + e_{ij}$$

여기서,  $Y_{ij}$ 는  $i$ 번째 도축장-도축년도-도축월 그룹의  $j$ 번째 개체의 측정치,  $\mu$ 는 전체평균,  $\text{symgroup}_i$ 는  $i$ 번째 도축장-도축년도-도축월 그룹의 고정효과 (1, 2, ..., 129),  $b_1$ 과  $b_2$ 는 각각 도축일령 ( $X$ )에 대한 1차 및 2차 회귀계수,  $a_{ij}$ 는  $i$ 번째 도축장-도축년도-도축월 그룹 속한  $j$ 번째 개체의 상가적 유전효과, 그리고  $e_{ij}$ 는 임의 환경오차이다.

위와 같은 선형 모형을 적용한 이유는 도축장, 도축년도, 도축월의 효과가 도체 형질에 미치는 영향을 최소화 하고, 아울러 도축시

일령이 개체마다 달랐던 것에 대하여 사전보정을 하지 않고 통계모형에 공변량을 포함시켜 일령에 따른 차이를 보정하기 위해서였다. 위 선형모형을 행렬식으로 표기하면 다음과 같다.

$$y_i = X_i b_i + Z_i u_i + e_i$$

$$\text{Var} \begin{pmatrix} u \\ e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A\sigma_a^2 & 0 \\ 0 & I\sigma_e^2 \end{pmatrix}$$

여기서  $y_i$ 는 개별관측치,  $X_i$ 는 고정효과에 대한 계수행렬이고,  $b_i$ 는 고정효과,  $Z_i$ 는 상가적 개체 유전효과의 계수행렬,  $u$ 는 상가적 개체 유전효과,  $e$ 는 임의 환경효과이다. 그리고  $A$ 는 개체혈연계수행렬,  $I$ 는 대각성분이 1인 단위행렬 (Identity matrix)이며,  $\sigma_a^2$ 와  $\sigma_e^2$  각각 상가적 유전분산과 임의 환경분산이다.

유전모수 추정은 Boldman 등 (1993)의 Multiple Trait Derivative-Free Maximum Likelihood (MTDFREML)를 이용하였다. 5개 형질에 대한 유전모수 추정을 쉽게 하기 위하여 우선 각 형질 별로 단형질 분석을 하였고, 각 형질 간 유전 및 환경상관 추정을 위해 5개 형질에서 각 2개 형질을 뽑아 총 10개 형질 조합에 대하여 다형질 분석을 실시하였는데, 분산성분추정 시 수렴척도는  $10^{-10}$ 으로 하였다.

Table 1. Number of steers by slaughter house, year and month

Slaughter House	No. of Record	Year Month	No. of Record	Year Month	No. of Record
A	3,341	2004. 12	45	2006. 10	227
B	2,898	2005. 01	18	2006. 11	115
C	192	2005. 02	83	2006. 12	156
		2005. 03	85	2007. 01	228
		2005. 04	69	2007. 02	134
		2005. 05	84	2007. 03	149
		2005. 06	79	2007. 04	93
		2005. 07	117	2007. 05	227
		2005. 08	194	2007. 06	139
		2005. 09	23	2007. 07	103
		2005. 10	164	2007. 08	237
		2005. 11	88	2007. 09	304
		2005. 12	206	2007. 10	281
		2006. 01	128	2007. 11	212
		2006. 02	100	2007. 12	212
		2006. 03	95	2008. 01	313
		2006. 04	86	2008. 02	152
		2006. 05	87	2008. 03	194
		2006. 06	108	2008. 04	153
		2006. 07	98	2008. 05	148
		2006. 08	137	2008. 06	158
		2006. 09	202		
Total	6,431		6,431		

결과 및 고찰

평균치는 증가하지 않는 것으로 나타나고 있다.

1. 도체형질의 일반성적

(1) 일반성적

본 연구에서 조사된 한우 도체형질에 대한 평균과 표준편차는 Table 2와 같다.

본 연구에서 조사된 근내지방도, 등지방두께, 배최장근단면적 및 냉도체중의 평균치는 문 등(2007)이 보고한 4.19±0.007, 10.10±0.015 mm, 80.64±10.43 cm<sup>2</sup> 및 368.03±0.168 kg 보다 각각 높은 경향을 보였다.

한편, 한국종축개량협회(2008)에서는 전국 8개 브랜드 도축 거세우 7,126두의 평균치를 평균 29.85개월령에, 근내지방도 5.7, 등지방두께 12.67mm, 배최장근단면적 87.23 cm<sup>2</sup>, 그리고 냉도체중 402.91 kg으로 보고한 바 있는데, 이들 평균치는 대체로 본 연구 결과와 비슷하나 등지방 두께가 두텁고 냉도체중은 낮은 편이었다. 한국종축개량협회 자료에 비하여 본 연구에서의 도축월령이 늦음에도 불구하고 근내지방도에서는 큰 차이가 없었는데, 한국 종축개량협회(2008)에서 발표한 도축월령 별 근내지방도의 최소 자승 평균치를 보면 도축월령이 26개월령이나 27개월령인 그룹에서 최대값을 보이며, 그 이후부터는 도축월령이 지연되더라도 근내지방도의

(2) 육량등급 및 육질등급의 분포

본 연구에서 조사된 거세우의 육량등급 및 육질등급은 Table 3과 같다.

본 연구에서 육질등급인 1++, 1+, 1, 2, 3 등급이 각각 20.7%, 31.2%, 32.0%, 14.8%, 1.2%로 1+등급 이상이 52.0%를 차지하고, 육량등급인 A, B, C 등급이 각각 32.0%, 58.4%, 9.7%로 나타났다. 이를 축산물등급판정소(2007)에서 2007년 발표한 전국 거세우 평균성과 비교하면, 육질등급에 있어서 1+ 등급이상 출현율은 전국 거세우 평균 39.5% 보다 높은 반면에, 육량등급 A 등급 출현율은 전국 거세우 평균 32.6%와 비슷한 결과이다.

2. 유전모수 추정

(1) 유전력

Table 4에는 단형질 분석으로 추정된 유전력과 다형질 분석으로 추정된 유전력 추정치를 표시하였는데, 다형질 분석의 경우 형질별로 5개의 유전력이 추정되므로 5개의 유전력에 대한 평균, 최소값 그리고 최대값을 표시하였다.

Table 2. Simple statistics of carcass traits

Traits	No. of Record	Means	Standard Deviation	Minimum	Maximum
Age at slaughter (day)	6,431	920.0	89.2	514	1,442
Marbling score (MS)	6,431	5.6	2.0	1	9
Back fat thickness (BFT, mm)	6,431	10.9	4.1	2	34
Eye muscle area (EMA, cm <sup>2</sup> )	6,431	87.9	9.1	51	129
Carcass weight (CWT, kg)	6,431	426.8	49.3	224	602
Yield index (YI) <sup>1)</sup>	6,431	65.8	3.1	50.2	73.8

<sup>1)</sup> Yield index = 68.184-0.625BFT+0.130EMA+0.024CWT+3.23

Table 3. Number of Hanwoo Steer by Meat quality grade and yield grade

Yield Grade	Meat Quality Grade					Total
	1++	1+	1	2	3	
A	469 (7.3%)	624 (9.7%)	606 (9.4%)	321 (5.0%)	35 (0.5%)	2,055 (32.0%)
B	762 (11.9%)	1,194 (18.6%)	1,231 (19.1%)	530 (8.2%)	37 (0.6%)	3,754 (58.4%)
C	103 (1.6%)	189 (2.9%)	219 (3.4%)	103 (1.6%)	8 (0.1%)	622 (9.7%)
Total	1,334 (20.7%)	2,007 (31.2%)	2,056 (32.0%)	954 (14.8%)	80 (1.2%)	6,431 (100.0%)

Table 4. Heritability estimates

Trait <sup>1)</sup>	Single trait analysis	Two trait analysis		
		Means	Minimum	Maximum
MS	0.36	0.36	0.35	0.36
BFT	0.35	0.35	0.34	0.36
EMA	0.24	0.23	0.22	0.24
CW	0.29	0.29	0.28	0.29
YI	0.40	0.40	0.39	0.41

<sup>1)</sup> MS: marbling score, BFT: backfat thickness, EMA: eye muscle area, CW: carcass weight, YI: yield index.

근내지방도, 등지방두께, 배최장근단면적, 냉도체중 및 육량지수에 대한 유전력을 단형질 분석으로 추정하였을 때는 각각 0.36, 0.35, 0.24, 0.29 및 0.40이었고, 이형질 분석으로 추정하였을 때는 각각 0.36, 0.35, 0.23, 0.29 및 0.40으로, 분석방법에 따른 유전력 추정치 간의 차이는 거의 없었다. 이들 유전력 추정치를 다른 연구자들의 결과와 비교하면, 근내지방도의 유전력은 윤 (2002), 노 (2004), 최 등 (2006)이 보고한 0.48~0.51의 범위 보다는 낮지만, 박 등 (2002)이 보고한 0.31과는 비슷하고, 문 등 (2007)이 보고한 0.13 보다는 높은 편이다. 본 연구에서 추정된 근내지방도의 유전력이 윤 등 (2002), 노 (2004), 최 등 (2006)이 발표한 것에 비해 낮았던 원인으로는 연구의 도축일령 범위가 514 일령부터 1442 일령까지 928로 넓었던 것과 평균 도축일령이 920일로 다른 연구자들의 자료에 비해서 컸던 점을 생각해볼 수 있는데, 연령범위가 넓은 것이 원인인지 아니면 평균 도축일령이 컸기 때문인지에 대해서는 추가의 연구가 필요한 것으로 판단된다.

등지방두께의 유전력은 윤 등 (2002)과 노 (2004)가 보고한 0.35나 0.39와는 비슷한 크기였으나, 박 등 (2002)과 최 등 (2006)이 보고한 0.51과 0.51 보다는 낮은 편이다. 배최장근단면적의 유전력은 박 등 (2002), 윤 등 (2002), 노 (2004), 최 등 (2006)에 의해 보고된 0.27~0.35의 범위와 비슷하다. 그리고 냉도체중의 유전력은 박 등 (2002), 윤 등 (2002), 노 (2004), 최 등 (2006)이 보고한 0.28~0.32의 범위와 부합되는 결과인 것으로 판단된다.

한편 황 등 (2008)은 평균 도축일령이 726일인 거세우 자료에서 단형질 분석으로 도체형질들의 유전력을 추정하였을 때 도체중 0.30, 등심면적 0.37, 등지방두께 0.44 그리고 근내지방도 0.44로

보고한 바 있다. 이와 같은 추정치는 본 연구 결과와 큰 차이는 없으나 등지방두께와 근내지방도에서 약간의 차이를 보이고 있다. 이러한 차이는 본 연구자료는 규모가 작고, 사양 환경이 통일되지 않은 일반농가에서 수집된 자료인 반면 황 등 (2008)은 동일한 환경 조건에서 사육된 능력검정 자료였다는 점과 평균 도축일령이 각각 920일과 726일로 두 연구 자료 간에 큰 차이에 의해 나타난 결과라고 생각한다.

(2) 유전, 환경, 표현형 상관분석

도축일령을 공변이로 설정하고, 도축장-도축년도-도축월 그룹을 고정효과로 고려하여 분석한 도체 형질의 유전, 환경, 표현형상관계수를 Table 5에 제시하였다.

형질들간의 유전상관계수를 보면 근내지방도는 등지방두께와 냉도체중과는 부의 상관(-0.21)을 그리고 배최장근단면적과 육량지수와는 정의 상관(0.30)을 나타내고 있다. 이러한 관계는 근내지방도에 대한 선발은 등지방두께가 얇아지고, 냉도체중은 적어지는 반면 배최장근단면적과 육량지수는 증가하는 간접선발 효과가 나타날 가능성을 시사하고 있다.

등지방두께와 육량지수 간의 유전상관과 표현형상관은 각각 -0.97과 -0.94로 높은 부의 상관을 보이고 있어서, 등지방두께에 대한 부 방향의 선발은 동시에 육량지수도 크게 개선하는 방향으로 개량효과가 나타날 것으로 기대된다.

근내지방도와 등지방두께 간의 유전상관에 대해 Koch (1978), Koch 등 (1982), Wheeler 등 (1996), 박 등 (2002), 윤 등 (2002)

Table 5. Correlation coefficients among carcass traits by two trait analysis

Trait <sup>1)</sup>	MS	BFT	EMA	CW	YI
MS	-	-0.21	0.30	-0.21	0.30
BFT	0.02	-	-0.12	0.57	-0.97
EMA	0.29	0.05	-	0.32	0.27
CW	0.10	0.41	0.52	-	-0.62
YI	0.05	-0.94	0.15	-0.50	-

<sup>1)</sup> MS: marbling score, backfat thickness, EMA: eye muscle area, CW: carcass weight, YI: yield index  
Above diagonal : genetic correlation coefficients, Below diagonal : phenotypic correlation coefficients.

및 노(2004)는 본 연구결과와 반대로 정의 상관을 보고하였다. 그러나 문 등(2007)은 한우에서, Oikawa 등(2006)과 Mukai 등(1995)은 일본 흑모화종에서, Wilson 등(1993)은 앵거스 종에서 그리고 Pariocote 등(1998)은 미국 쇼트혼종에서 정의 유전상관을 각각 보고한 바 있다.

도체중과 근내지방도 간의 유전상관에 대해 황 등(2008)과 문 등(2007)은 한우에서 본 연구 결과와 달리 정의 상관을 보고하였고, Shanks 등(2001), Smith 등(2007), Koots 등(1994) 및 Kemp 등(2002)도 같은 경향을 보고하였는데, Reverta 등(2000)은 헤어포드 자료에서 두 형질 사이에 음의 유전상관을 보고하였다.

일반적으로 많은 농가에서는 도체 판매를 통한 수익성을 향상시키기 위하여 근내지방도에 대한 개량에 관심을 갖고 있다. 본 연구에서 얻어진 근내지방도의 유전력 추정치가 0.36인 점에 비추어 볼 때 근내지방도에 대한 선발은 상당한 효과를 기대할 수 있다. 그러나 근내지방도와 도체중 간의 유전상관계수가 음수였다는 점을 고려할 필요가 있다. 즉, 근내지방도만을 고려한 단형질 선발은 도체중의 무게를 감소시키는 간접 선발의 효과가 나타날 수 있다. 이렇게 되면 근내지방도의 개선을 통해 도체 1kg당 경락단가는 더 높아 질 수 있지만 도체 경락단가와 도체중으로 결정되는 도체 총 판매대금은 기대한 만큼 많아지지 않을 수도 있기 때문이다. 그러므로 농가의 수익성을 최대화시키기 위해서는 근내지방도 뿐만 아니라 도체중이나 배최장근 단면적을 함께 고려하는 2형질 선발을 검토할 필요가 있다.

## 요 약

본 연구는 강원도내 농촌지역 1개 군 관내 사육농가에서 사육되어 2004년 12월부터 2008년 6월까지 43개월 동안 강원도와 강원도 인근에 소재한 도축장 3개소에서 도축된 한우 거세우 6,431두의 성적과 한국종축개량협회에서 관리중인 한우 등록우 데이터베이스로부터 이들의 혈통자료 14,957두를 활용하여 도체형질에 대한 유전모수와 육종가를 추정하였다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 각 도체형질에 대한 평균과 표준편차는 근내지방도, 등지방두께, 배최장근단면적, 냉도체중 및 육량지수에서 각각  $5.57 \pm 2.01$ ,  $10.87 \pm 4.06$  mm,  $87.87 \pm 9.07$  cm<sup>2</sup>,  $426.75 \pm 49.27$  kg 및  $65.80 \pm 3.80$ 으로 나타났다.
2. 단형질 분석을 통한 도체형질의 유전력 추정치는 근내지방도, 등지방두께, 배최장근단면적, 냉도체중 및 육량지수에서 각각 0.36, 0.35, 0.24, 0.29 및 0.40으로 나타났다.
3. 근내지방도는 등지방두께, 배최장근단면적, 냉도체중, 및 육량지수와 각각 -0.21, 0.30, -0.21, 0.30의 유전상관 계수가 추정되었으며, 등지방두께는 배최장근단면적, 냉도체중, 및 육량지수와 각각 -0.12, 0.57, -0.97의 유전 상관계수가 추정되었다.
4. 배최장근단면적은 냉도체중 및 육량지수와 각각 0.32, 0.27의

유전상관 계수가 그리고 냉도체중은 육량지수와 -0.62의 유전 상관계수가 추정되었다.

5. 근내지방도가 등지방 두께나 도체중과 음의 유전상관관계를 보이고 있는 점을 고려할 때 근내지방도가 양호한 방향으로 선발을 진행할 경우 등지방두께를 낮추는 간접선발 효과가 있을 것으로 기대된다. 그러나 근내지방도에 대한 선발은 도체중을 증가시키는데 장애를 초래할 수 있을 것으로 판단된다.

## 인 용 문 헌

Boldman, K., Kriese, L. A., Van Vleck, L. D. and Kachman, S. D. 1993. A Manual for Use of MTDFREML. A set of Programs to Obtain Estimates of Variances and Covariances. USDA-ARS, Wasington DC.

Kemp, D. J., Herring, W. O. and Kaiser, C. J. 2002. Genetic and environmental parameters for steer ultrasound and carcass traits. *J. Anim. Sci.* 80:1489-1496.

Koch, R. M. 1978. Selection in beef cattle. III. Correlated response of carcass traits to selection for weaning weight, yearling weight and muscling score in cattle. *J. Anim. Sci.* 47:142-150.

Koch, R. M., Cundiff, L. V. and Gregory, K. E. 1982. Heritabilities and genetic, environmental and phenotypic correlations of carcass traits in a population of diverse biological types and their implications in selection programs. *J. Anim. Sci.* 55:1319-1329.

Koots, K. R., Gibson, J. P., Smith, C. and Wilton, J. W. 1994. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 2. Phenotypic and genetic correlation. *Anim. Breed. Abstr.* 62:309-338.

Mukai, F., Oyama, K. and Khono, S. 1995. Genetic relationships between performance test traits and field carcass traits in Japanese Black cattle. *Livest. Prod. Sci.* 44:199-205.

Oikawa, T., Hoque, M. A., Hitomi, T., Suzuki, K. and Uchida, H. 2006. Genetic parameters for traits in performance and progeny tests and their genetic relationships in Japanese Black cattle. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 19:611-616.

Pariocote, F., Van Vleck, L. D. and Hunsley, R. E. 1998. Genetic and phenotypic parameters for carcass traits of American Shorthorn beef cattle. *J. Anim. Sci.* 76:2584-2588.

Reverta, A., Johnston, D. J., Graser, H -U., Wolcot, M. L. and Upton, W. H. 2000. Genetic analyses of live-animal ultrasound and abattoir carcass traits in Australian Angus and Hereford cattle. *J. Anim. Sci.* 78:1786-1795.

Shanks, B. C., Tess, M. W., Kress, D. D. and Cunningham, B. E. 2001. Genetic evaluation of carcass traits in Simmental-sired cattle at different slaughter endpoints. *J. Anim. Sci.* 79:595-604.

Smith, T., Domingue, J. D., Paschal, J. C., Franke, D. E., Bidner, T.

- D. and Whipple, G. 2007. *J. Anim. Sci.* 85:1377-1384.
- Wilson, D. E., Willham, R. L., Northcutt, S. L. and Rouse, G. H. 1993. Genetic parameters for carcass traits estimated from Angus field records. *J. Anim. Sci.* 71:2365-2370.
- Wheeler, T. L., Cundiff, L. V., Koch, R. M. and Crouse, J. D. 1996. Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): Carcass traits and longissimus palatability. *J. Anim. Sci.* 74:1023-1035.
- 노승희. 2004. 한우의 도체형질 유전모수 추정을 위한 REML과 Gibbs Sampling 방법의 비교연구. 경상대학교 석사학위 논문.
- 문원근, 김병우, 노승희, 김효선, 정대진, 선두원, 김경남, 윤영탁, 정진형, 전진태, 이정규. 2007. 한우 도체형질의 환경효과 및 유전모수의 추정. *한국동물자원과학회지* 49(6):689-698.
- 박철진, 박영일. 2002. 한우의 성장형질과 도체형질에 대한 유전상관 추정. *한국동물자원과학회지* 44(6):685-692.
- 윤호백, 김시동, 나승환, 장은미, 이학교, 전광주, 이득환. 2002. 거세한우의 도체형질에 대한 유전모수 추정. *한국동물자원과학회지* 44(4):383-390.
- 최태정, 김시동, Agapita J. Salces, 백동훈. 2006. 한우의 성장 및 도체형질에 대한 유전모수 추정. *한국동물자원과학회지* 48(6):759-766.
- 축산물등급관정소. 2007. 등급관정통계 (<http://www.apgs.co.kr/gradeinfo/statistics>)
- 한국종축개량협회. 2008. 브랜드한우 유전능력 평가와 후대축 선발방법 제시. 우진인쇄사. 서울.
- 황정미, 김시동, 최연호, 윤호백, 박철진. 2008. 한우 거세우의 도체형질에 대한 유전모수 추정. *한국동물자원과학회지* 50(5):613-620.
- (접수일자 : 2010. 2. 4 / 수정일자: 2010. 4. 10 / 채택일자 : 2010. 5. 13)