

개체모형에 의한 한우의 성장단계별 체중의 유전모수 추정

최재관*·전기준*·이창우*·나기준*·이재영**·김중복***
 축산기술연구소 대관령지소*, 한림대학교**, 강원대학교***

Estimation of Genetic Parameters of Body Weight by Growth Periods for Hanwoo Using Animal Model

J. G. Choi*, K. J. Jeon*, C. W. Lee*, G. J. Na*, C. Lee** and J. B. Kim***

Daekwanryeong Branch, National Livestock Research Institute, RDA*,
 Laboratory of Statistical Genetics, Institute of Environment & Life Science, Hallym University**,
 Division of Animal Resources Science, College of Animal Resources Science Kangwon National University***

ABSTRACT

The objectives of this study were to investigate the genetic characteristics of body weight by growth periods for Hanwoo. A total of 1,736 records were used for body weight. The data for body weights were collected from 1990 to 2000 in Daekwanryong branch, National Livestock Research Institute(NLRI). Estimates of (co)variance components were obtained by derivative-free Restricted Maximum Likelihood (DF-REML).

The results are summarized as follows;

The means for the weights were 25.60, 79.31, 98.91, 145.40, 283.26, 392.32, 545.65kg at birth, 3, 4, 6, 12, 18, 24month postpartum, respectively. The effects of calving year-season were significant for the milk yield of cow.

Heritability estimates of direct genetic effects for birth weight were 0.54(all), 0.52(female), 0.36(male) in model I
 II and heritabilities estimates of direct genetic effects for 4 month(weaning) weight were 0.47(all), 0.33(female), 0.28(male) in model I 0.38(all), 0.21(female), 0.21(male) in model II

Heritability estimates for male and female data differed from those for combined data. The estimates became smaller for the body weights at 12 month or later(0.13~ 05). The heritabilities of average daily gain were smaller than those for body weights, but showed that the similar pattern to body weights.

(Key words : Hanwoo(Korean Cattle), Body weights, Genetic parameters)

I 서 론

한우의 능력은 외국의 타 육우 품종들과 비교해보면 이유시 체중이 작다는 것이 큰 단점

으로 파악되고 있다. 육우에서 생시체중에 대한 유전능력평가를 정확히 하기 위하여 품종별로 생시, 이유시 체중에 대한 산차 및 성별 보정계수를 개발하여 사용하고 있으며(BIF : Beef

Corresponding author : J. G. Choi, Daekwanryeong Branch, National Livestock Research Institute, #268, Chahang, Doam, Phyeongchang Kangwon, Korea, 232-952, Tel : 033-330-0623, Fax : 033-335-0660, E-mail : choi6221@rda.go.kr

Improvement Federation, 1996), 육우에서 일반적으로 한우는 어미소의 산유능력이 떨어지는 이유 등으로 인해 대개 3~ 개월령에 이유를 하는데 박 (2000)은 한우에서 어미소의 일령에 대한 생시, 이유시 체중을 보정하기 위한 보정계수를 발표하였다.

이유시 체중은 수소에서 성숙, 출하일령, 출하시 체중 등과 높은 상관관계가 있으며 암소에서 초임일령이나 성숙시 체중과 높은 상관관계를 이루고 있는 것으로 알려지고 있어서 경제적으로 매우 중요한 역할을 하는 것으로 판단된다. 그러므로 한우의 산유능력을 향상시켜 가급적 빠른 시간에 시장출하시 체중(성숙 체중)까지 도달토록 하거나 동일 연령대에서 좀더 큰 체중을 유도함으로써 육우의 산유성을 증대시키고, 이유 후의 증체율, 이유 후 각 연령대별 체중들 간의 관계를 유전적으로 규명하여 번식효율을 증대시키기 위해서는 이유시 체중을 유전적으로 증대시키는 일이 필요하다.

가축의 유전적 능력을 보다 정확히 평가하기 위해서는 가축의 능력에 영향을 미칠 수 있는 여러 환경요인의 효과를 분리해 내는 일이 중요한데, 일반적으로 분만년도, 계절, 성, 사료, 사양방식, 축사의 환경 등이 널리 알려져 있는 환경요인 들이다.

일반적으로 육우의 유전모수나 육중가를 추정하기 위한 분석모형에 출생연도 및 계절을 고정효과로 포함시키는 것이 보편적인데, Lee 등(2000)은 12, 18개월령 및 도살체중의 유전모수를 구하기 위한 종모우, 지역, 연도계절의 효과를 Lee와 Pollak(1997)은 종모우와 연도의 상호작용을 분석모형에 포함하였다.

어미소의 연령은 체중의 변화, 골반 등을 비롯한 각종 신체기관의 발달과 관련이 있으므로 송아지의 성장에 미치는 중요한 요인중의 하나이다. 최 등(1998)은 한우에서 어미소의 연령과 송아지의 성에 대한 유의적인 차이가 있었지만 지역간 어미소 연령 효과는 유사하였고 5세에서 9세까지의 연령층이 다른 연령층에 비해 생시체중이 높게 나타났다고 보고하였고, 최 등(1999)은 한우의 분만년도, 성, 계절, 산차별 어미소의 산유량, 4개월령 및 6개월령 체중의 차

이를 보았다. 육우에서 암컷과 수컷은 성장에 따른 성장 및 호르몬의 영향 등으로 생시체중부터 성장단계별로 체중 및 성장률에서 유의적인 차이를 보이고 있음이 여러 연구자들에 의해 보고되고 있는데, 이 (1998)는 이유시 체중의 유전분석에서 암수간 분산, 분산성분의 차이를 보고하였고, 박 (2000)은 한우에서 송아지 성을 구분한 뒤 어미소의 일령에 따른 생시 및 이유시 체중의 보정계수를 보고하였다. 한편 이 등(1994)은 한우의 이유시 체중은 수송아지가 암송아지 보다 7.03~ 54kg 정도 더 무거운 것으로 보고했는데, 이유시 체중에서 성별 간에 나타나는 이러한 차이는 외국에서도 Bair 등(1972), Brown (1960) 및 Gregory 등(1950)에 의해 보고된 바 있다.

II 재료 및 방법

1. 공시재료

본 연구에 공시된 재료는 강원도 평창군 도암면 대관령지역에서 사육중이거나 사육되었던 한우로부터 수집되었으며 봄과 가을로 나누어 계절번식으로 분만되어, 1990년도부터 2000년까지 조사된 체중측정 자료였다. 자료는 분만연도 및 계절, 어미의 연령, 분만 형태(단태 및 다태), 유량조사 여부 별로 구분하여 조사하였으며 조사된 총 개체 수는 1,766두였으나 조사형질별로 정규성 검정 등을 실시한 후 기록 오류나 측정시기를 벗어난 것으로 판단되는 형질의 성적들을 분석에서 제외하였다. 오류로 판단되는 성적이나 기록들을 제거하고 일령보정을 실시한 후 남은 기록 수는 1,736개였다 (Table 1).

2. 통계분석

월령별 체중에 영향을 미치는 어미소 연령의 효과를 보정하기 위하여 체중 자료를 성별로 분리한 후(암소자료, 수소자료) 분리된 각 자료를 이용하여 어미소의 연령을 2, 3, 4, 5, 6, 7 세 및 8세 이상으로 구분한 후 각 월령별 체중

Table 1. Distribution of data for weight traits by age of dam, birth year, season and birth type

Item	All	Female	Male	Item	All	Female	Male		
No. of records by birth year	1990	115	55	60	2	201	95	106	
	1991	114	61	53	3	395	205	190	
	1992	139	66	73	4	311	162	149	
	1993	130	69	61	No. of records by age of dam	5	237	119	118
	1994	154	77	77		6	175	79	96
	1995	158	65	93		7	128	58	70
	1996	203	100	103		≥	289	131	158
	1997	190	95	95	No. of records by birth type ³	1	1,685	822	863
	1998	220	112	108		2	51	27	24
	1999	135	64	71					
2000	178	85	93						
No. of records by birth season ¹	1	945	475	470	No. of records by milk test group ²	1	1,502	736	766
	2	791	374	417		2	234	113	121
Total	1,736	849	887	Total	1,736	849	887		

Season¹ classification : Spring = Jan.~ ~ ec., Milk test group² classification : 1 = normal, 2 = test of milk yield, birth type³ : 1 = single, 2 = twin or triple.

을 종속변수로 그리고 어미소 연령을 고정효과로 하는 선형모형을 적용하여 각 월령별 체중에 대한 어미소 연령의 효과를 최소자승법으로 추정하여 암소와 수소를 각 월령별 체중에 합해 주어서 어미소 연령에 대한 보정을 실시하였다.

체중자료는 암수 전체와 암컷, 수컷을 분리한 자료로 구분한 후 각각 고정효과의 유의성을 검정하였는데 전체자료의 보정된 성장단계별 체중이나 기간별 일당증체량은 아래와 같이 출생년도· 계절, 송아지 성, 분만형태(단태 및 다태), 유량조사 여부, 종모우의 효과가 포함된 선형모형을 적용하여 분석하였다.

$$Y_{ijklmn} = \mu + YS_i + Sex_j + Twin_k + Mtest_l + Sire_m + e_{ijklmn}$$

여기서

- Y_{ijklmn} = 개별관측치
- μ = 전체평균
- YS_i = i 번째 출생년도· 계절의 고정효과
- Sex_j = j 번째 성의 효과

- $Twin_k$ = k 번째 분만형태 효과(단태, 다태)
- $Mtest_l$ = l 번째 유량조사 효과
- $Sire_m$ = m 번째 종모우 효과
- e_{ijklmn} = 임의오차

각 형질에 대한 상가적 유전효과에 대한 유전모수 추정을 위하여 다음과 같이 혼합모형을 이용하였다.

Mixed Model

- $y = X\beta + Z_d u_d + e$ 모델 I
- $y = X\beta + Z_d u_d + Z_p u_p + e$ 모델 II
- $y = X\beta + Z_d u_d + Z_m u_m + e$ 모델 III
- $y = X\beta + Z_d u_d + Z_m u_m + Z_p u_p + e$ 모델 IV

여기서,

- y = N × 1 벡터의 관측치
- β는 X에 대한 y의 자료와 관련된 분만년도· 계절 고정효과 벡터이고,
- U_d 는 상가적 개체유전 효과
- U_m 는 상가적 모체유전 효과
- U_p 는 영구 환경 효과

- e는 잔차
- $Z_d U_d$, $Z_m U_m$ 과 $Z_p U_p$ 는 관측치 y에 대한 고정 효과와 임의효과에 대한 디자인행렬 (design matrix)

$$E \begin{bmatrix} u_d' \\ u_m' \\ u_p' \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Var \begin{bmatrix} u_d \\ u_m \\ u_p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_d^2 & A\sigma_{dm} & 0 & 0 \\ A\sigma_{dm} & A\sigma_m^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_p\sigma_p^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

- σ_d^2 = direct genetic variance
- σ_m^2 = maternal genetic variance
- σ_{dm} = covariance between direct and maternal genetic effects
- σ_p^2 = permanent environmental variance
- σ_e^2 = error variance

이상을 Henderson(1976)의 다변량 혼합모형방정식으로 나타내면 다음과 같다.

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

$$u = [u_d \ u_m \ u_p], \quad V \begin{bmatrix} u \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix}$$

본 연구에서는 MTDFREML Package(Boldman 등, 1995)를 Simplex method로 이용하여 유전모

수를 추정하였고, 지역 최대값으로 수렴하는 것을 방지하기 위하여 최종적으로 구한 해를 다시 초기치로 사용하여 시작(cold restart)하였다. 수렴기준은 10^{-11} 에서 하였고 이렇게 구한 분산과 공분산을 이용하여 유전력 및 유전상관을 구하였다.

III 결과 및 고찰

1. 체중

한우의 월령별 체중이 Table 2에 표시되었다. 본 연구에서 조사된 한우 암송아지의 생시체중은 다른 보고와 큰 차이는 없었다. 그러나 3개월령(91일령) 체중 76.37kg은 김(2000)의 94일 이유시 체중 85.02kg에 비해 작은 편이었다. 이렇게 차이가 나는 이유는 본 자료가 조사된 축군은 군사를 함으로서 개체관리가 어려웠던 반면 한우개량단지에서는 농가별로 작은 규모로 사육되므로 송아지에 대한 개체관리가 용이했던 점을 하나의 원인으로 생각해볼 수 있다.

나(1991)는 본 연구자료가 조사된 동일한 축군에서 1974년부터 1988년까지의 체중을 조사한 결과 생시, 6, 12 및 18개월령 체중은 암소에서 각각 23.9, 112.9, 175.3 및 229kg이었고 수소에서 각각 25.9, 130.9, 322.1 및 453.2kg이었다고 보고한 바 있는데 본 연구에서 얻어진 성적을 나(1991)의 성적과 비교해 보면 생시, 6, 12 및 18개월령 체중은 암소에서 각각 1.1,

Table 2. Mean and its corresponding standard deviations(SD) of body weights

Trait	All			Female			Male			Steer		
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD
BW	1736	25.60	3.64	849	24.97	3.48	887	26.21	3.69	-	-	-
3W	1144	79.31	15.15	647	76.37	14.01	497	83.12	15.72	-	-	-
4W	1048	98.91	19.11	610	94.95	17.66	438	104.42	19.70	-	-	-
6W	1105	145.40	29.79	569	129.59	22.33	468	164.16	27.76	68	148.61	20.84
12W	1051	283.26	94.68	611	214.34	38.35	366	392.41	54.25	74	312.53	39.83
18W	819	392.32	144.40	470	281.96	49.19	274	565.52	74.99	75	451.15	49.72
24W	629	545.65	171.39	397	333.64	49.31	187	682.94	77.47	45	573.58	62.45

BW : birth weight, 3W : body weight at 3 month, 4W : body weight at 4 month, 6W : body weight at 6 month, 12W : body weight at 12 month, 18W : body weight at 18 month, 24W : body weight at 24 month.

16.7, 39.0, 53.0kg이 더 무거웠으며 수소에서 각각 0.3, 33.3, 70.3, 112.3kg이 더 무거웠다. 동일 축군에서 시차를 두고 나타난 이러한 결과는 결국 사양관리상의 개선 외에 축군의 개량 효과가 포함되었음을 시사하는 결과라고 생각된다.

2. 환경요인

성장단계별 체중에 대한 환경요인의 유의성 검정 결과는 Table 3에 있다.

생시체중에 대한 출생연도· 1절, 성, 분만형태(단태, 다태) 및 종모우의 효과는 고도의 유의성이 있었으며($t < 0.01$)(Table 3-1), 성을 분리한 자료에서도 출생연도· 1절, 분만형태, 종모우의 효과는 고도의 유의성($t < 0.01$)이 인정되었다. 그리고 3개월령 체중과 4개월령 체중에 대한 출생연도· 1절, 성 및 분만형태 효과는 전체자료에서 고도의 유의성($t < 0.01$)이 있었으며, 그리고 종모우 효과는 전체자료나 암컷자료에서 유의성이 인정되었으나($t < 0.05$), 수컷자료에서는 유의성이 인정되지 않았다.

본 자료가 얻어진 축군에서 수송아지에 대한 거세를 할 경우 그 시기는 통상 4~ 개월령에 실시하므로 6개월령 체중부터는 성의 효과를 암컷, 수컷 및 거세우 등 3개의 수준으로 구분하였는데, 6개월령 체중에 대한 출생연도· 1절, 성, 분만형태, 유량조사 및 종모우 효과는 전체자료에서 모두 고도의 유의성이 있는 것으로 나타났으나($t < 0.01$), 암컷자료만을 분석하였을 때는 유량조사와 분만형태 효과에서 그리고 수컷자료만을 분석했을 때는 유량조사 효과에서 유의성이 인정되지 않았다.

그리고 12, 18 및 24개월령 체중에 대한 출생연도· 1절의 효과는 전체자료에서 고도의 유의성을 나타냈고($t < 0.01$), 전체자료에서 분만형태의 효과는 12 및 18개월령 체중에 영향을 미쳤으나 24개월령 체중에는 영향을 미치지 않았으며 종모우 효과는 24개월령 체중에서만 유의성이 있었으며, 암컷자료만을 분석한 결과 분만형태는 12, 18 및 24개월령 체중에 영향을 미쳤으나 종모우의 효과는 유의성이 인정되지

않은($p > 0.05$) 반면 수컷자료만을 분석했을 때는 분만형태는 12개월령 체중에만 영향을 미칠 뿐 18 및 24개월령 체중에서는 영향을 미치지 않았으며 종모우의 효과는 24개월령 체중에서만 유의성이 있는 것으로 나타났다($t < 0.05$).

산유량 조사는 생시부터 이유시까지 약 8회에 걸쳐 실시되었는데 산유량 조사를 하게되면 어미소와 송아지에게 많은 스트레스를 주고 포유량을 감소시킬 수 있으므로 3개월령 체중과 4개월령 체중에 영향을 미칠 것으로 생각되어 산유량 조사여부를 분석모형에 포함시켜 분석하였으나 실제로 3개월령 체중과 4개월령 체중에서 산유량 조사여부가 큰 영향을 미치지 않고 오히려 산유량 조사가 실시된 후인 6개월령 체중에서 산유량 조사가 영향을 미치는 것으로 나타났는데(Table3-1), 이것은 산유량 조사당시의 어미소나 송아지가 받는 스트레스가 작으며 이 작은 스트레스들이 누적된 영향은 일정기간 지체되어 나타날 수 있음을 시사한다.

한우의 체중에 영향을 미치는 고정효과에 대한 연구결과를 보면 신 등(1986)은 한우의 생시체중에 유의하게 영향을 미치는 요인으로 출생연도, 계절, 어미의 산차, 성의 효과 등을 보고하였으며, 김 (2000)은 종빈우의 발육성적에 대한 유의성 검정 결과 생시체중은 출생지역, 출생연도, 세대 및 어미소의 연령, 출생계절에 의해 유의하게 영향을 받는다고 보고하였고, 김 (2000)은 종빈우의 85일령 이유시 체중이 출생지역, 출생연도, 계절, 세대 및 어미소의 연령이 고도의 유의성이 있음을 보고하였다.

또한 전 등(1999)은 비거세 한우 수소를 대상으로 한 연구에서 6개월령 체중은 출생연도에서, 12개월령 체중은 출생계절에서, 18개월령 체중은 출생연도, 계절 및 산차에서 그리고 24개월령 체중은 출생연도와 계절에서 유의적인 차이가 있었음을 보고하였으며, 박 (1999)은 한우의 당대검정과 후대검정축의 12개월령 체중에 대해 출생연도-계절, 출생지역 및 검정 개시일령이, 18개월령 체중과 22개월령 체중에 대해서는 출생연도-계절, 출생지역이 고도의 유의성이 있었다고 보고하였고, 오 등(1989)은 한우 500일령 암컷의 체중에 대한 환경요인 및

개량추세 연구에서 종모우, 출생지역, 세대, 출생연도 및 어미의 연령은 유의적인 영향을 미쳤으나 출생계절은 유의적인 영향을 미치지 않았다고 보고하였다.

한편 Meyer 등(1993)은 생시, 이유시, 12개월령, 출하시 체중의 유전모수 추정에서 송아지의 성, 분만형태(단태, 쌍태), 연도-집단과 연도-체중측정그룹 등을 고정효과로 이용하였고, Ferreria 등(1999)은 생시, 이유시, 12개월령 체중에 대한 분산성분 및 육종가 추정에서

고정효과로 연도, 성, 어미의 연령, 공변이(covariate)로 근친계수 등을 사용한 바 있다.

이상과 같은 연구결과를 근거로 하여 전체 자료를 이용하여 체중에 대한 분산성분을 추정할 때는 6개월령을 제외한 나머지 월령별 체중의 경우 출생연도-계절, 성 및 분만형태를 그리고 6개월령 체중의 경우에는 출생연도-계절, 성, 분만형태 외에 유량조사여부를 추가하여 혼합모형의 고정효과로 포함시켰고, 암컷자료를 이용하여 체중에 대한 분산성분을 추정할

Table 3-1. Mean square (MS) and the corresponding degree of freedom(df) from ANOVA for body weight

Source	BW		3W		4W		6W	
	df	MS	df	MS	df	MS	df	MS
YS	20	85.30**	18	2179.34**	19	4391.73**	19	4821.31**
Sex ¹	1	741.97**	1	11683.68**	1	22126.24**	2	110567.57**
Mtest ²	1	0.07	1	136.54	1	16.19	1	3717.14**
Birth-type ³	1	1342.10**	1	8203.35**	1	10473.26**	1	12871.64**
Sire	39	25.39**	34	256.67*	36	436.38**	36	927.72**
Error	1672	10.08	1086	163.11	988	228.82	1043	452.04

Sex¹ : male separated steer from 6 month weight. Mtest²(milk test group classification) : 1 = normal, 2 = test of milk yield, birth type³ : 1 = single, 2 = twin or triple. * $P < .05$ ** $P < .01$.

Continued

Source	12W		18W		24W	
	df	MS	df	MS	df	MS
YS	19	7655.73**	18	20857.26**	16	14959.74**
Sex	2	3267411.32**	2	6309970.83**	2	7058402.16**
Mtest	1	1544.43	1	420.84	1	9.35
Birth-type	1	55123.62**	1	11477.65*	1	4385.79
Sire	38	1818.76	34	3532.75	31	4769.43**
Error	988	1657.67	761	2538.65	576	2765.11

Table 3-2. Mean square (MS) and the corresponding degree of freedom(df) from ANOVA for body weight of female

Source	BW		3W		4W		6W	
	df	MS	df	MS	df	MS	df	MS
YS	20	36.38**	18	1621.37**	18	3485.10**	17	3230.24**
Mtest ¹	1	2.63	1	306.54	1	247.87	1	25.28
Birth-type ²	1	509.26**	1	5238.31**	1	8886.90**	1	8205.15**
Sire	37	16.44**	32	206.95*	33	273.60*	33	593.68*
Error	788	9.87	592	141.48	554	185.02	513	355.31

Mtest¹(milk test group classification) : 1 = normal, 2 = test of milk yield, birth type² : 1 = single, 2 = twin or triple. * $P < .05$ ** $P < .01$.

Continued

Source	12W		18W		24W	
	df	MS	df	MS	df	MS
YS	19	8602.13**	17	14042.63**	16	10119.88**
Mtest	1	1521.18	1	163.85	1	1065.28
Birth-type	1	37660.48**	1	8653.18**	1	15713.04**
Sire	36	1114.87	32	1751.85	30	1997.46
Error	552	888.62	417	1263.10	347	1571.51

Table 3-3. Mean square (MS) and the corresponding degree of freedom(df) from ANOVA for body weight of male

Source	BW		3W		4W		6W	
	df	MS	df	MS	df	MS	df	MS
YS	18	63.63**	13	1037.09**	12	1834.62**	18	3720.13**
Sex	-	-	-	-	-	-	1	1524.16
Mtest	1	2.14	1	0.41	1	161.45	1	5122.43
Birth-type	1	841.84**	1	2969.18**	1	1872.48**	1	4427.13**
Sire	34	20.88**	23	193.37	24	419.67	34	589.19
Error	829	10.22	456	183.69	396	282.38	477	422.85

Sex¹ : male separated steer from 6 month weight. Mtest²(milk test group classification) : 1 = normal, 2 = test of milk yield, birth type³ : 1 = single, 2 = twin or triple. * $P < .05$ ** $P < .01$.

Continued

Source	12W		18W		24W	
	df	MS	df	MS	df	MS
YS	17	8682.52**	16	11434.07**	14	19950.88**
Sex	1	70832.40**	1	127500.16**	1	5578.87
Mtest	1	1900.81	1	5.70	1	5534.00
Birth-type	1	7000.01*	1	94.97	1	1768.28
Sire	33	2731.78	30	3303.44	28	4637.40*
Error	385	1791.67	296	3452.24	183	2785.76

* $P < .05$ ** $P < .01$.

때는 6개월령을 제외한 나머지 월령별 체중의 경우 출생년도-계절 및 분만형태를 그리고 6개월령 체중의 경우에는 출생년도-계절 및 분만형태 외에 유량조사여부를 추가하여 혼합모형의 고정효과로 포함시켰으며, 수컷자료만을 분석할 때 생시, 3개월령 및 4개월령 체중에서는 출생년도-계절, 분만형태를 6개월령 체중에서는 출생년도-계절, 성(거세와 비거세), 분만형태 및 산유량조사 여부를 그리고 12, 18 및 24

개월령 체중에서는 출생년도-계절, 성 및 분만형태를 고정효과로 포함시켰다.

3. 체중의 분산성분 및 유전력 추정치

생시부터 24개월령까지의 각 월령별 체중을 단형질 분석으로 분석한 결과 얻어진 분산성분 및 유전력 추정치가 Table 4에 나타나 있다.

분석은 전체자료, 암컷자료 및 수컷자료에

대해 각각 실시하였으며, 분석모형에 포함된 고정효과들은 개체의 출생년도-계절, 분만형태(단태 및 다태), 성(암컷, 수컷 및 거세), 유량 검정여부 등을 고정효과로 분석모형에 포함시켰다.

분산 및 공분산 추정은 4가지 분석모형을 모두 이용하여 실시하였으나 4개월령 체중을 제외한 나머지 형질에서는 모체 유전분산(σ_m^2)이 0에 가깝게 추정된 관계로 개체유전효과만을 포함시킨 모델 I과 개체유전효과와 영구환경효과를 포함시킨 모델 II로 분석결과만을 표시하였으며 4개월령 체중의 경우에만 4가지 모델 분석결과 모두를 표시하였다.

생시체중의 표현형 분산은 전체, 암컷 및 수컷집단의 집단간에 큰 차이는 없었으나, 상가적 유전분산은 수컷 집단이 암컷 집단에 비해 작은 경향을 보여서 수컷집단에서 추정된 개체유전력은 0.36(모델 I) 과 0.24(모델 II)로 암컷집단의 유전력 0.52(모델 I) 및 0.41(모델 II)보다 다소 낮은 결과를 보였다. Meyer 등(1993)은 Hereford종과 Wokalup종의 생시체중에 대한 개체유전력은 개체유전효과만을 포함한 모델에서 각각 0.57 및 0.58, 개체유전효과와 영구환경효과를 포함한 모델에서 각각 0.48 및 0.55로 보고하였으며, Ferreira 등(1999)은 Hereford종에서 생시, 이유시, 12개월령 체중의 유전모수 추정 모델 비교에서 근친효과를 고려한 모델과 고려치 않은 모델의 유전력 추정치는 차이가 없었으며, sire model에 비하여 animal model 이나 sire and dam model을 이용하여 추정한 유전력이 높았는데 개체유전효과만을 고려한 모델에서 생시체중의 개체유전력은 0.49, 개체유전효과, 모체유전효과 및 영구환경 효과를 고려한 모델에서 개체유전력은 0.35, 모체유전력은 0.14, 개체유전효과 및 모체유전효과 간의 유전상관계수는 -0.05라고 보고하였다.

한편 이(1998)는 한우에서 전체, 암컷, 수컷집단으로 구분하여 분석하였을 때 생시체중의 개체유전력은 전체, 암컷, 수컷 집단이 각각 0.10, 0.13 및 0.06이었고 모체유전력은 각각 0.12, 0.07 및 0.07이라고 보고한 바 있는데 본 연구에서 얻어진 생시체중의 개체유전력은 이(1998)

가 보고한 결과보다 큰 성적이었다.

3개월령 체중의 개체유전력은 전체집단이 0.30(모델 I) 및 0.17(모델 II) 암컷집단이 0.10(모델 I) 및 0.08(모델 II) 그리고 수컷 집단이 0.13(모델 I) 및 0.03(모델 II)이고, 전체 표현형 분산 중 영구환경효과 분산이 차지하는 비율은 전체집단이 0.13, 암컷집단이 0.08 그리고 수컷집단이 0.22로서 개체유전력 추정치는 암컷집단과 수컷집단간에 큰 차이가 없었다.

4개월령(이유시) 체중의 유전(공)분산 및 유전력 추정은 개체유전효과와 모체유전효과를 포함하는 모델 III로 개체유전효과, 모체유전효과 및 영구환경효과를 포함한 모델 IV로 분석결과가 모델 I 및 모델 II로 분석결과와 함께 표시되었는데 모델 I, 모델 II, 모델 III 및 모델 IV에 의해 추정된 4개월령 체중의 개체유전력은 대체로 전체집단이 암컷집단이나 수컷집단으로 분리하여 추정했을 때 보다 큰 편이었다. 모체유전력은 전체집단에서 0.15(모델 III)과 0.12(모델 IV) 암컷집단에서 0.26(모델 III)과 0.18(모델 IV) 그리고 수컷집단에서 0.18(모델 III)과 0.15(모델 IV)로 추정되어 집단간에 큰 차이는 없었다. 그러나 개체유전효과와 모체유전효과 간의 상관계수는 전체집단에서 양(+)으로 추정되었으나 암컷집단과 수컷집단에서는 음(-)으로 추정되었는데 전체집단에서 개체유전효과와 모체유전효과 간의 상관계수가 +0.19(모델 III)나 +0.23으로 추정된 본 연구 결과는 Garrick 등(1989)이 심멘탈 자료에서 이유시 체중에 대한 개체 및 모체유전효과간에는 음(-)의 상관이 존재한다는 보고나 이(1998)가 한우에서 보고한 -0.67, 그리고 김(2000)이 한우개량단지 자료에서 추정한 -0.45 등과는 상반되는 결과였다. 한편 이(1998)는 한우 암컷자료와 수컷자료를 분리하여 추정한 결과 모체유전 효과와 개체유전 효과간의 상관계수가 암컷자료에서는 -0.62, 그리고 수컷자료에서는 -0.75로 보고하였는데 본 연구에서 얻어진 암컷자료에서의 -0.25(모델 III)과 -0.17(모델 IV) 그리고 수컷자료에서의 -0.08(모델 III)과 -0.12(모델 IV)은 이(1998)가 보고한 것에 비해 낮은 추정치였다.

6개월령 체중의 개체유전력은 전체 집단에서

0.36(모델 I)과 0.25(모델 II 암컷집단에서 0.25(모델 I)와 0.13(모델 II 그리고 수컷집단에서 0.21(모델 I)과 0.10(모델 II 으로 추정되었는데 한우의 6개월령 체중에 대한 유전력 추정치에 대한 연구 보고를 살펴보면 나(1991)는 sire model을 이용하여 분석한 결과 암컷집단에서 0.24 그리고 수컷집단에서 0.24였음을 보고한 바 있다.

본 연구에서 6개월령 체중은 185일령으로 표준화되었는데 이와 비슷한 시기의 체중에 대한 유전력을 추정한 외국의 연구 보고를 살펴보면, Eler 등(1995)은 Nelore종에서 205일 이유시 체중의 개체유전력은 단형질로 분석했을 때가 0.13 그리고 다형질로 분석했을 때가 0.14였음을, Ferreira 등(1999)은 Hereford종의 205일령 이유시 체중의 개체유전력은 개체유전효과만을 고려한 모델에서 0.35, 개체유전효과, 모체유전효과 및 영구환경효과를 고려한 모델에서 0.18로 보고한 바 있다.

12개월령 체중의 개체유전력은 전체집단에서 0.06(모델 I)과 0.05(모델 II 암컷집단에서 0.09(모델 I)와 0.07(모델 II 그리고 수컷집단에서 모델 I과 모델 II | 의해 추정한 결과가 0.07로 같았으며, 18개월령 체중의 개체유전력은 암컷집단에서 각각 0.24와 0.22로 추정되어 수컷집단의 추정치 보다 더 컸으나, 24개월령 체중의 경우는 18개월령 체중의 경우와는 반대로 수컷집단에서의 개체유전력은 0.33으로 비교적 높게 추정되었으나 암컷집단에서는 작았다(0.05와 0.00)

한우에서 12개월령 이후 측정한 체중의 유전력 추정치에 대한 연구보고를 살펴보면 신(1989)은 1985년부터 1987년까지 조사된 자료의 분석결과 12, 15, 및 18개월령 체중의 유전력 추정치는 각각 0.21, 0.24 및 0.14였음을, 이 등(1991)은 수소의 12개월령과 18개월령 체중의 유전력은 각각 0.09 및 0.04였음을, 김 등(1997)은 30개월령 체중의 유전력이 0.18이었음을, 박(1999)은 후대검정우의 12개월령 체중의 개체유전력은 시기에 따라 0.29 및 0.43 이었고 당대검정우의 12개월령 체중의 유전력은 0.48 이었으며 18개월령 체중의 유전력은 0.22와 0.33 그

리고 후대검정우의 22개월령 체중의 유전력은 0.31이었음을 보고한 바 있고, 김(2000)은 한우 개량단지 암소에서 895일령으로 표준화한 체중의 유전력은 0.49였음을, 그리고 Lee 등(2000)은 12개월령, 18개월령 및 출하시 체중의 유전력은 각각 0.10-0.23, 0.11-0.12 및 0.17-0.31의 범위였음을 밝힌 바 있으며, 농촌진흥청 축산기술연구소에서는 한우유전능력평가보고서(2000)를 통해 12, 18 및 출하시 체중의 유전력이 각각 0.32, 0.33 및 0.43 이었음을 보고한 바 있는데 본 연구에서 추정된 12개월령 체중의 유전력은 이(1991)의 추정치와 비슷한 크기였으나 박(1999)의 추정치에 비해서는 작은 수치였다.

한편 Ferreira 등(1999)은 Hereford종의 12개월령 체중에서 개체유전효과만을 고려한 animal model을 이용하여 추정한 개체유전력은 0.36이었고, 개체유전효과와 모체유전효과 및 영구환경효과를 고려한 모델을 이용하여 추정한 개체유전력은 0.30, 모체유전력은 0.08, 그리고 개체유전효과와 모체유전효과간의 상관계수는 -0.36이었음을 보고한 바 있다.

모델 II | 의해 추정된 생시, 3, 4, 6, 12, 18 및 24개월령 체중에 대한 전체 표현형 분산중 영구환경 분산이 차지하는 비율은 전체집단의 경우 각각 0.08, 0.13 0.10, 0.09, 0.04, 0.04 및 0.00, 암컷집단에서 각각 0.09, 0.08, 0.23, 0.17, 0.06, 0.02 및 0.23 그리고 수컷집단에서 각각 0.11, 0.22, 0.12, 0.15, 0.07, 0.03 및 0.00으로 나타났다. 암컷 집단의 24개월령 체중에서 추정된 비율(0.23)을 제외하고는 대체로 12개월령 이후의 체중에서 전체 표현형 분산중 영구환경 분산이 차지하는 비율들이 낮은 편이었는데 12개월령 이후 측정된 체중에서 영구환경 분산의 비율이 낮아지는 결과는 Lee 등(2000)에 의해서도 보고된 바 있다. 그러나 암소집단의 24개월령 체중에서 영구환경효과의 영향이 커지는 것에 대한 원인을 설명하기 위해서는 좀더 연구가 필요한 것으로 판단된다.

육우에서 이유시 체중은 수소의 경우 성숙, 출하일령, 출하시 체중 등과 높은 상관관계가 있으며 암소의 경우 초임일령이나 성숙시 체중과 높은 상관관계를 이루고 있어서 경제적

Table 4. Parameter estimates for body weight

			σ_d^2	σ_m^2	σ_{dm}	σ_p^2	σ_e^2	σ_{ph}^2	h_d^2	h_m^2	r_{dm}	pe*
BW	Total	I	6.21	-	-	-	5.28	11.49	0.54	-	-	-
		II	5.00	-	-	0.90	5.29	11.20	0.45	-	-	0.08
	Female	I	5.67	-	-	-	5.26	11.03	0.52	-	-	-
		II	4.43	-	-	0.99	5.26	10.69	0.41	-	-	0.09
	Male	I	4.01	-	-	-	7.07	11.09	0.36	-	-	-
		II	2.63	-	-	1.17	7.02	10.83	0.24	-	-	0.11
3W	Total	I	51.55	-	-	-	122.21	173.77	0.30	-	-	-
		II	29.22	-	-	21.79	117.91	168.93	0.17	-	-	0.13
	Female	I	15.02	-	-	-	131.35	146.37	0.10	-	-	-
		II	11.04	-	-	11.28	123.54	145.87	0.08	-	-	0.08
	Male	I	23.63	-	-	-	162.09	185.73	0.13	-	-	-
		II	6.41	-	-	41.27	137.99	183.68	0.03	-	-	0.22
4W	Total	I	119.38	-	-	-	136.09	255.47	0.47	-	-	-
		II	96.28	-	-	24.69	129.55	250.52	0.38	-	-	0.10
		III	39.87	36.10	7.21	-	158.97	242.17	0.16	0.15	0.19	-
		IV	41.42	29.17	7.93	9.28	154.21	242.00	0.17	0.12	0.23	0.04
	Female	I	66.18	-	-	-	132.49	198.67	0.33	-	-	-
		II	40.37	-	-	43.94	109.98	194.29	0.21	-	-	0.23
		III	19.68	51.03	-7.80	-	129.77	192.69	0.10	0.26	-0.25	-
		IV	21.12	34.73	-4.56	22.79	118.22	192.30	0.11	0.18	-0.17	0.12
	Male	I	83.65	-	-	-	215.61	299.26	0.28	-	-	-
		II	60.73	-	-	36.58	198.50	295.80	0.21	-	-	0.12
		III	36.59	52.76	-3.40	-	208.84	294.79	0.12	0.18	-0.08	-
		IV	36.44	45.62	-4.68	-18.95	198.15	294.48	0.12	0.15	-0.12	0.06
6W	Total	I	175.64	-	-	-	317.73	493.37	0.36	-	-	-
		II	118.77	-	-	52.19	320.86	481.16	0.25	-	-	0.09
	Female	I	94.07	-	-	-	285.88	379.96	0.25	-	-	-
		II	49.79	-	-	64.10	259.66	373.57	0.13	-	-	0.17
	Male	I	87.63	-	-	-	355.10	442.73	0.20	-	-	-
		II	44.61	-	-	67.72	325.31	437.64	0.10	-	-	0.15
12W	Total	I	95.59	-	-	-	1578.08	1673.68	0.06	-	-	-
		II	87.65	-	-	0.00	1516.37	1674.41	0.05	-	-	0.04
	Female	I	89.23	-	-	-	881.40	970.64	0.09	-	-	-
		II	63.97	-	-	62.28	841.22	967.47	0.07	-	-	0.06
	Male	I	133.43	-	-	-	1721.47	1854.90	0.07	-	-	-
		II	124.73	-	-	134.79	1596.69	1856.21	0.07	-	-	0.07
18W	Total	I	234.70	-	-	-	2362.50	2597.20	0.09	-	-	-
		II	193.15	-	-	0.00	2285.66	2593.46	0.07	-	-	0.04
	Female	I	315.05	-	-	-	1015.96	1331.01	0.24	-	-	-
		II	288.35	-	-	35.73	1002.34	1326.42	0.22	-	-	0.02
	Male	I	57.59	-	-	-	3377.12	3434.71	0.02	-	-	-
		II	50.37	-	-	112.70	3271.70	3434.77	0.01	-	-	0.03
24W	Total	I	385.31	-	-	-	2505.41	2890.71	0.13	-	-	-
		II	385.47	-	-	0.00	2506.09	2891.56	0.13	-	-	0.00
	Female	I	79.55	-	-	-	1561.40	1640.96	0.05	-	-	-
		II	0.00	-	-	380.69	1261.16	1641.86	0.00	-	-	0.23
	Male	I	1034.53	-	-	-	2097.97	3132.50	0.33	-	-	-
		II	1035.25	-	-	0.00	2096.71	3131.96	0.33	-	-	0.00

σ_d^2 : additive direct genetic variance, σ_m^2 : additive maternal genetic variance, σ_{dm} : additive direct and maternal genetic covariance, σ_p^2 : permanent environmental variance, σ_e^2 : environmental variance. σ_{ph}^2 : phenotypic variance, h_d^2 : heritability for additive direct effect, h_m^2 : heritability for additive maternal effect, r_{dm} : correlation between additive direct and maternal effects, pe* : proportion of phenotypic variance accounted for permanent environmental variance.

으로 매우 중요한 역할을 한다. 그러므로 한우의 산육능력의 개량 및 번식효율의 증대를 위해서는 한우체중의 유전적 특성을 파악한 후 그 특성에 맞추어 이유시 체중을 유전적으로 개량하는 일이 필요하다.

본 연구는 이유시 체중과 성장형질들간의 유전적 특성을 파악하기 위한 것인데 한우의 암, 수 및 거세우의 성장패턴이 달라 분산값의 차이 등 이질성을 가지므로, 데이터를 암, 수 데이터를 분리한 것과 합친 자료로 구분하여 분석하였다. 다만 거세우는 자료수가 작아 분리하여 분석하지 않았다.

암컷과 수컷의 자료를 합친 전체 자료에서 최대의 성장은 6개월에서 12개월령 사이에 나타나, 성을 분리했을 경우에는 생리적인 차이 사양방식의 차이 등으로 인해 암, 수간의 최대성장시기가 달라지는데 암컷은 3개월부터 4개월령 사이에 그리고 수컷은 이유 후 6개월부터 12개월령 사이에 최대의 성장이 이루어졌다. 또한 유전력 분석에서도 전체자료, 암컷자료 및 수컷자료의 유전력 추정치들은 상당한 차이가 있었다.

개체유전효과만을 고려하여 추정된 전체자료의 성장단계별 체중의 유전력은 생시부터 6개월령까지는 비교적 중도의 유전력(0.54~ 0.17)을 보이고, 12개월령부터 24개월령까지 체중에서는 낮은 유전력(0.13~ 0.05)을 보였다. 그리고 이유시점인 4개월령 체중에 대해서는 개체유전효과뿐만 아니라 모체유전효과와 영구환경효과를 포함하여 분석하였는데 상가적 개체유전효과, 모체유전효과 및 영구환경효과가 거의 비슷한 수준으로 영향을 미치고 있었다. 따라서 이유시체중의 개량을 위해 종축을 선발할 때는 개체유전력 뿐만 아니라 모체유전력 및 영구환경효과를 고려하여야 할 필요가 있다.

IV 요약

본 연구는 축산기술연구소 대관령지소에서 1990년부터 2000년 사이에 조사된 체중 측정자료 1,736개 기록을 이용하여 한우의 성장단계별 체중과 증체량의 유전적 특성을 파악하고 어미소의 산육능력과 송아지의 체중 및 성장률

과의 유전적 관련성을 파악하기 위해 실시하였다. 연구에 필요한 유전(공)분산성분 추정은 제한최대우도법(dfREML)을 이용하여 실시하였는데 본 연구에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 생시체중의 상가적 개체유전력 추정치는 개체유전효과만을 고려한 모델 I로 분석했을 때 전체집단에서 0.54, 암컷집단에서 0.52 그리고 수컷 집단에서 0.36으로 추정되었으며 개체유전효과와 영구환경효과를 고려한 모델 II로 분석했을 때 전체집단에서 0.45, 암컷집단에서 0.41 그리고 수컷 집단에서 0.24로 추정되었다.

2) 3개월령 체중의 개체유전력은 전체집단이 0.30(모델 I) 및 0.17(모델 II) 암컷이 0.10(모델 I) 및 0.08(모델 II) 그리고 수컷이 0.13(모델 I) 및 0.03(모델 II)이고, 전체 표현형 분산 중 영구환경효과 분산이 차지하는 비율은 전체집단이 0.13, 암컷이 0.08 그리고 수컷이 0.22로서 개체유전력 추정치는 암컷집단과 수컷집단간에 큰 차이가 없었다.

3) 4개월령(이유시) 체중의 경우 암컷과 수컷을 별도로 분리하여 추정했을 때의 유전력 추정치는 전체자료에서 추정한 유전력 추정치에 비해 작았는데, 모델 I로 분석했을 때 전체집단에서는 0.47인 반면 암컷과 수컷 집단에서는 각각 0.33 및 0.28이었으며 모델 II로 분석했을 때는 전체집단에서 0.38인 반면 암컷과 수컷 집단에서는 각각 0.21 및 0.21이었다.

4) 6개월령 체중은 비교적 중도의 유전력(0.36~ 0.20)을 보였으나, 12개월령부터 24개월령까지 체중에서는 낮은 유전력(0.13~ 0.05)을 보였다.

V 사 사

This work was supported by a grant from Bio Green 21 Program, Rural Development Administration, Republic of Korea.

VI 인용 문헌

1. Bair, L. G., Wilson, L. L. and Ziegler, J. H. 1972. Effects of calf sex and age of dam on pre- and

- post-weaning performance of calves from an Angus-Holstein crossbred herd. *J. Anim. Sci.* 35:1155-1159.
2. Beef Improvement Federation. 1996. Guidelines for uniform beef improvement programs(7th Ed.). Beef Improvement Federation, Colby, KS.
 3. Boldman, K., Kriese, G., Van Vleck, L. A., Van Tassel, C. P. and Kachman, S. D. 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variance and covariance. USDA. ARS.
 4. Brown, C. J. 1960. Influence of year and season of birth, sex and age of dam on weights of beef calves at 60, 120, 180 and 240 days of age. *J. Anim. Sci.* 19:1062-1070.
 5. Eler, J. P., Van Vleck, L. D., Ferraz, J. B. S. and Lobo, R. B. 1995. Estimation of Variances Due to Direct and Maternal Effects for Growth Traits of Nelore Cattle. *J. Anim. Sci.* 73:3253-3258.
 6. Ferreira, G. B., MacNeil, M. D. and Van Vleck, L. D. 1999. Variance components and breeding values for growth traits from different statistical models. *J. Anim. Sci.* 77:2641-2650.
 7. Garrick, D. J., Pollak, E. J., Quaas, R. L. and Van Vleck, L. D. 1989. Variance heterogeneity in direct and maternal weight traits by sex and percent purebred for simmental-sired calves. *J. Anim. Sci.* 67:2515-2528.
 8. Gregory, K. E., Blunn, C. T. and Baker, M. L. 1950. A study of some of the factors influencing the birth and weaning weights of beef calves. *J. Anim. Sci.* 9:338-346.
 9. Lee, C. and Pollak, E. J. 1997. Influence of sire misidentification on sire x year interaction variance and direct-maternal genetic covariance for weaning weight in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 75:2858-2863.
 10. Lee, J. W., Choi, S. B., Jung, Y. H., Keown, J. F. and Van Vleck, L. D. 2000. Parameter estimates for direct and maternal genetic effects on yearling, eighteen-month, and slaughter weights of Korean native cattle. *J. Anim. Sci.* 78:1414-21.
 11. Meyer, K., Hammond, K., Mackinnon, M. J. and Pornell, P. F. 1991. Estimates of contrivances between reproduction and growth in Australian beef cattle. *J. Anim. Sci.* 69:3533-3543.
 12. 김창엽. 2000. 한우 종번우 육종계획 수립을 위한 유전모수 및 개량추세의 추정에 관한 연구. 건국대학교. 박사학위논문.
 13. 김형철, 서강석, 조용민, 이득환, 박영일, 조병대, 최재관. 1997. 30개월령 한우의 체중 및 체형에 대한 유전력 및 유전적 개량 추세의 추정. *한국동물유전육종학회지* 1(4):273-276
 14. 나승환. 1991. 한우의 주요 경제 형질에 대한 환경 요인의 효과. 전북대학교. 박사학위논문.
 15. 박병호. 2000. 한우의 초기 성장 형질에 대한 보정계수와 유전모수의 추정에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문.
 16. 박철진. 1999. 한우의 성장 및 도체형질에 대한 유전 모수 및 유전적 변화 추세의 추정에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문.
 17. 신원집, 백동훈, 윤계봉, 김용환. 1986. 축우의 생시체중과 임신기간에 영향을 미치는 요인. *한축지.* 28:620-634.
 18. 오봉국, 양영훈. 1989. 한우의 월령별 체측식과 체중의 회귀에 관한 연구. *한축지.* 33:755-759.
 19. 이득환, 박철진, 신연익. 1994. 한우의 이유시 체중에 대한 환경 요인 보정 계수 추정. *한축지.* 36(1):12-18.
 20. 이용섭. 1998. 한우 이유시 체중에 대한 유전모수 추정. 강원대학교 석사학위논문.
 21. 전기준, 최재관, 임석기, 윤상보, 윤상기, 이창우, 김종복. 1999. 한우 비거세우의 산육능력과 도체형질에 대한 환경요인의 효과. *Animal Genetics and Breeding* 3:15-24.
 22. 최연호, 이학교, 박병호, 나승환. 1998. 한우의 초기 사육 환경과 이유전 산육 능력. *Animal Genetics and Breeding* 2:135-140.
 23. 최재관, 전기준, 임석기, 윤상보, 윤상기, 이창우, 김종복. 1999. 한우에 있어서 어미소의 비유능력과 송아지의 성장에 미치는 요인. *Animal Genetics and Breeding* 3:7-14.
 24. 축산기술연구소. 2000. 한우유전능력 평가보고서 7호.
(접수일자 : 2003. 2. 12. / 채택일자 : 2003. 7. 18.)

- 695 - - 696 - - 697 - - 698 -

- 699 - - 700 - - 701 - - 702 -