

한우 암소의 성장곡선 모수에 대한 유전적 경향

이창우* · 최재관* · 전기준* · 김형철* · 최연호* · 황정미* · 김종복**

농촌진흥청 축산연구소*, 강원대학교 동물자원과학대학 동물자원학부**

Genetic Aspects of the Growth Curve Parameters in Hanwoo Cows

C. W. Lee*, J. G. Choi*, G. J. Jeon*, H. C. Kim*, Y. H. Choy*, J. M. Hwang* and J. B. Kim**

National Livestock Research Institute, R.D.A *, Division of Animal Resources Science, College of
Animal Resources Science, Kangwon National University **

ABSTRACT

The objective of this study was to estimate genetic variances of growth curve parameters in Hanwoo cows. The data used in this study were records from 1,083 Hanwoo cows raised at Hanwoo Experiment Station, National Livestock Research Institute (NLRI). First evaluation model (Model I) fit year-season of birth and age of dam as fixed effects and second model (Model II) added age at the final weight as a linear covariate to Model I.

Heritability estimates of A, b and k from Gompertz model were 0.22, 0.11 and 0.07 using model I and 0.28, 0.11 and 0.12 using model II. Those from Von Bertalanffy model were 0.22, 0.11 and 0.07 using model I, 0.28, 0.11 and 0.12 using model II. Heritability estimates of A, b and k from Logistic model were 0.14, 0.07 and 0.05 using model I, 0.18, 0.07 and 0.12 using model II. Heritability estimates of A from Gompertz model were higher than those from Von Bertalanffy model or Logistic model in both model I and model II. Heritability estimates of b from Logistic model were higher than those from Gompertz model or Von Bertalanffy model in both model I and model II.

Heritability estimates of birth weight, weaning weight, 3 month weight, 6 month weight, 9 month weight, 12 month weight, 18 month weight, 24 month weight, 36 month weight were after linear age adjustment 0.27, 0.11, 0.19, 0.14, 0.16, 0.23, 0.52 and 0.32, respectively.

Heritability estimates of birth weight, weaning weight, 3 month weight, 6 month weight, 9 month weight and 24 month weight fit by Gompertz model were larger than those estimated from linearly adjusted data. Heritability estimates of 12 month weight, 18 month weight and 36 month weight fit by Von Bertalanffy model were larger than those estimated from linearly adjusted data.

In the multitrait analyses for parameters from Gompertz model, genetic and phenotypic correlations between A and k parameters were -0.47 and -0.67 using model I and -0.56 and -0.63 using model II. Those between the A and b parameters were 0.69 and 0.34 using model I and 0.72 and 0.37 using model II. Those between the b and k parameters were -0.26 and 0.01 using model I and -0.30 and 0.01 using model II.

In the multitrait analyses for parameters from Von Bertalanffy model, genetic and phenotypic correlations between A and k parameters were -0.49 and -0.67 using model I and -0.57 and -0.70 using model II. Those between the A and b parameters were 0.61 and 0.33 using model I and 0.60 and 0.30 using model II. Those between the b and k parameters were -0.20 and 0.02 using model I and 0.16 and 0.00 using model II.

In the multitrait analyses for parameters from Logistic model, genetic and phenotypic correlations between A and k parameters were -0.43 and -0.67 using model I and -0.50 and -0.63 using model II. Those between the A and b parameters were 0.47 and 0.22 using model I and 0.38 and 0.24 using model II. Those between the b and k parameters were -0.09 and 0.02 using model I and -0.02 and 0.13 using model II.

(**Key words** : Hanwoo, Cows, Genetic parameter)

Corresponding author : J. B. Kim, Division of animal Resources science, College of Animal Resources Science,
Kangwon National University. Tel : 033-250-8624. E-mail : jbkim@kangwon.ac.kr

I. 서 론

육우에서 중요한 경제형질인 체중은 가축이 성장하면서 주기적으로 반복 측정되고 반복 측정된 체중들 간에는 유전과 표현형 상관관계가 높기 때문에 육용화 개량을 촉진하기 위한 육종 연구에서 중요한 관심 분야가 되고 있다.

가축의 성장곡선 모형은 Brody(1945)에 의해 가축의 다 시점자료를 평가한 이후 많은 연구자들에 의해 빈번하게 사용되어 왔고, 성장곡선 함수에서 모수들의 수가 많을수록 추정시간이 길어지고 수렴이 어렵지만, 수렴을 위해 반복수를 늘리면 모형의 적합도가 뛰어나다고 보고하여 최근까지도 다양한 성장곡선 모형들이 연구되고 있다(Brown et al., 1976).

한우에서 암소의 체중은 번식능력이나 농가의 경제성과 밀접한 상관관계를 이루고 있는 점과 체구가 타 육우 품종의 암소에 비해 작은 편이라는 점을 고려할 때 일정수준까지 한계를 정하여 암소의 체중을 증대시키고 성장 속도를 높일 필요가 있다고 생각된다. 그리고 한우 암소의 성장곡선 모수를 추정하고 추정된 모수에 대한 유전능력을 예측하여 한우 암소집단에 대한 선발과 도태의 기준으로 활용한다면 암소의 육용형 개량에 도움이 될 수 있다.

따라서 본 연구는 축산연구소 한우시험장에서 출생한 한우 암소로부터 시간적인 간격을 두고 조사된 체중측정 기록에 대해 비선형의 성장곡선 모형을 적용하여 추정된 성장곡선 모수의 유전적인 경향을 평가하기 위해 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료

본 연구에서 공시된 재료는 1970년부터 2001년까지 축산연구소 한우시험장에서 출생한 한우 암소 1,083두로부터 조사된 일령별 체중 측정 자료이고 출생년도, 계절 및 어미일령별 두수는 Table 1에 표시한 바와 같다.

2. 통계 분석 방법

(1) 성장곡선 모수 추정

성장곡선 함수의 추정은 SAS(1990)의 비선형 회귀 분석 절차인 PROC NLIN을 이용하였으며, 편도 함수의 지정이 필요하지 않은 탐색 기법인 다변량정활반복법(Multivariate Secant iterative method), 흔히 DUD방법(Doesn't Use Derivative)이라 부르는 방식에 의하여 추정하였다. 추정에 있어 수렴기준(convergence criterion)은 다음과 같다.

$$(SSE_{i-1} - SSE_i) / (SSE_i + 10^{-8}) < 10^{-10}$$

여기에서 SSE_i 는 i 번째 반복(iteration)시의 오차 제곱합이다.

본 연구에서 개체별로 성장곡선 모수를 추정하기 위해 이용된 성장곡선 모형은 Gompertz 모형(Winsor, 1932), Von Bertalanffy 모형(Von Bertalanffy, 1957) 및 Logistic 모형(Nelder, 1961) 3개였으며 성장곡선 모수추정은 체중 측정시 일령을 독립변수로 하여 실시하였는데, 1,083두에 대하여 개체별로 성장곡선 모수를 추정하였다.

$$\text{Gompertz model : } W_t = Ae^{-be^{-kt}}$$

$$\text{Von Bertalanffy model : } W_t = A(1 - be^{-kt})^3$$

$$\text{Logistic model : } W_t = A(1 + be^{-kt})^{-1}$$

여기에서 성장곡선 모수와 성장 특성치들은 다음과 같이 정의된다.

성숙체중(A): 일령이 무한대인 시점($t \rightarrow \infty$)에서의 체중(MW)

성장비(b): 생시체중(BW)에 대한 성숙체중의 비율의 log함수

성숙률(k): 생시체중, 변곡점체중, 성숙체중 및 변곡점 도달일령의 비율 함수, k가 크면 조속성으로 그리고 k가 작으면 만속성으로 판단된다.

(2) 유전모수 및 육종가의 추정

성장곡선 모수에 대한 유전모수 및 육종가를 추정하기 위하여 다음과 같은 다형질 혼합모형을 이용하였다.

Table 1. Distribution of records by year-season and age of dam

Year-season		No. ¹⁾	Year-season		No.	Age of dam ²⁾		No.
1970	Spring	1	1986	Spring	45	2	107	
	Fall	5		Fall	7			3
1971	Spring	6	1987	Spring	36	4	182	
	Fall	5		Fall	4			5
1972	Spring	6	1988	Spring	26	6	105	
	Fall	9		Fall	6			7
1973	Spring	16	1989	Spring	31	8	55	
	Fall	4		Fall	18			9
1974	Spring	14	1990	Spring	20	10	73	
	Fall	1		Fall	16			11
1975	Spring	17	1991	Spring	23			
	Fall	7		Fall	12			
1976	Spring	16	1992	Spring	12			
	Fall	6		Fall	25			
1977	Spring	1	1993	Spring	32			
1978	Fall	1		Fall	28			
1979	Spring	20	1994	Spring	27			
	Fall	9		Fall	21			
1980	Spring	23	1995	Spring	28			
	Fall	1		Fall	27			
1981	Spring	26	1996	Spring	35			
	Fall	12		Fall	23			
1982	Spring	22	1997	Spring	44			
	Fall	18		Fall	32			
1983	Spring	11	1998	Spring	48			
	Fall	11		Fall	18			
1984	Spring	10	1999	Spring	20			
	Fall	39		Fall	25			
1985	Spring	9	2000	Spring	34			
	Fall	10		Fall	24			
Total					1,083	Total		1,083

¹⁾ Number of cows.

²⁾ Age of dam classification

2 yrs. : 930 days, 3 yrs. : 1,275 days, 4 yrs : 1,640 days
 5 yrs. : 2,005 days, 6 yrs. : 2,370 days, 7 yrs. : 2,735 days
 8 yrs. : 3,100 days, 9 yrs. : 3,465 days, 10 yrs. : 4,195 days
 11 yrs. : 4,196 days.

$$Y_{ijkl} = \mu_i + YS_{ij} + AOD_{ik} + a_{ijkl} + e_{ijkl}$$

.....모델 I

$$Y_{ijkl} = \mu_i + YS_{ij} + AOD_{ik} + \beta X_{ijkl} + a_{ijkl} + e_{ijkl}$$

.....모델 II

여기서

Y_{ijkl} : i 번째 형질의 j 번째 출생 연도-계절의 k 번째 어미소 나이 계급의 l 번째 개체에 대한 성장곡선 모수에 대한 측정치(A,b,k)
 μ_i : i 번째 형질의 전체 평균($i=1,2,3$)
 YS_{ij} : i 번째 형질의 j 번째 출생 연도-계절

의 효과($j=1,2,3,\dots, 60$)

AOD_{ik} : i 번째 형질의 k 번째 어미소의 나이의 효과($k=1,2,3,\dots,10$)

β : 개체의 최종 체중 측정시 일령에 대한 회귀계수

X_{ijkl} : 개체의 최종 체중 측정시 일령에 대한 공변이

a_{ijkl} : 개체에 대한 임의 효과 $\sim N(0, A\sigma_a^2)$; A는 혈연 계수 행렬

e_{ijkl} : 관측치의 임의 오차 $\sim N(0, I\sigma_e^2)$

III. 결과 및 고찰

1. 단형질 모형을 이용한 성장곡선 모수의 유전모수 추정

Gompertz 모형, Von Bertalanffy 모형 및 Logistic 모형으로 추정된 성장곡선 모수 A, b 및 k의 유전력을 단형질 분석으로 추정한 결과를 Table 2에 표시하였다.

본 연구에서 분산성분 및 유전력 추정을 위해 2가지 분석모형을 이용하였는데 출생년도-계절-어미소 나이의 효과를 동기우 집단으로 하는 Model I 과 Model I에 최종 체중 측정시의 일령을 공변이로 추가시킨 Model II를 사

용하였다.

성장곡선 모수 중 성숙체중(A)의 유전력은 Model I 과 Model II의 경우 Gompertz 모형이 0.22와 0.28로 추정되어, Von Bertalanffy 모형의 유전력 0.09와 0.12 및 Logistic 모형의 유전력 0.14와 0.18에 비해 다소 높았다.

성장비(b)의 유전력은 Model I에 의한 추정치와 Model II에 의한 추정치가 같은 크기였는데, Von Bertalanffy 모형의 b가 0.13, Gompertz 모형의 b가 0.11 그리고 Logistic 모형의 b가 0.07로서 비교적 낮은 편이었다.

성숙률(k)의 유전력은 Model I의 경우 Gompertz 모형의 k가 0.07, Von Bertalanffy 모형과 Logistic 모형의 k가 0.05로 낮은편이었으며, Model II의 경우 세 모형의 k가 모두 0.12로 동일하게 추정되었다. 한편, Model I 과 Model II 간의 유전력 추정치를 비교해보면 세 가지 성장곡선 모형에서 모두 성숙체중과 성장률의 유전력이 Model I 보다는 Model II로 분석했을 때 더 높게 추정되었다.

성장곡선 모수인 성숙체중(A), 성장비(b) 및 성숙률(k)의 유전력에 대한 외국의 연구 보고를 보면 Brown 등(1972)은 Brody 모형으로 추정한 Hereford종 암소의 유전력이 각각 0.34 ± 0.25 , 0.62 ± 0.34 및 0.33 ± 0.25 였으며, Angus종 암소

Table 2. Heritability estimates of growth curve parameters for body weight of Hanwoo cows

Model	Para meters ³⁾	Model I ¹⁾			Model II ²⁾		
		σ_a^2	σ_e^2	h^2	σ_a^2	σ_e^2	h^2
Gompertz	A	1485.538	5172.269	0.22	1721.451	4421.743	0.28
	b	0.0061	0.0456	0.11	0.00615	0.0457	0.11
	k			0.07		0.828E-6	0.12
Von Bertalanffy	A	848.993	8483.002	0.09	1104.426	7801.254	0.12
	b	0.000202	0.00129	0.13	0.00020	0.00129	0.13
	k			0.05		0.154E-5	0.12
Logistic	A	576.405	3294.456	0.14	627.068	2696.393	0.18
	b	0.169	2.109	0.07	0.165	2.114	0.07
	k			0.05		0.154E-5	0.12

¹⁾ Model I : contemporary group (Year, Season, Age of Dam included).

²⁾ Model II : contemporary group (Year, Season, Age of Dam included) + Covariate of age at the final weight.

³⁾ A, b and k are fitted parameters.

의 유전력이 각각 0.21 ± 0.21 , 0.86 ± 0.38 및 0.75 ± 0.33 이라고 보고한 바 있고, Kaps 등(1999)은 Brody 모형으로 추정된 Angus종 암소의 성숙체중(A)의 유전력이 0.52로, 성숙률(k)의 유전력이 0.31로 보고한 바 있다. 또한 DeNise 등(1985)은 Red Angus종과 Hereford종으로 구성된 근교 계통과 비 근교계통 암소집단에서 Brody 모형으로 추정된 성장곡선 모수 A, b 및 k의 유전력이 각각 0.44 ± 0.27 , 0.39 ± 0.27 및 0.20 ± 0.26 이라고 보고한 바 있고, Macneil 등(2000)은 Brody 모형으로 추정된 Hereford종 암소의 성장곡선 모수 A, b 및 k의 유전력이 각각 0.32, 0.27 및 0.10이라고 보고한 바 있으며, Meyer(1995)는 Hereford종 및 Wokalup종 암소에 대해 Gompertz 모형으로 추정된 성장곡선 모수 A 및 k의 유전력이 Hereford종의 경우 각각 0.47 및 0.29였으며, Wokalup종의 경우 각각 0.73 및 0.54라고 보고한 바 있는데, 본 연구에서 추정된 한우 암소의 성장곡선 모수 A, b 및 k의 유전력은 외국육우에 비해 낮은 성적이었다. 한편, 조(2000)는 한우 수소에 대해 Gompertz 모형으로 추정된 성장곡선 모수 A, b 및 k의 유전력은 각각 0.21, 0.19 및 0.03이라고 하여 본 연구에서 얻어진 모수들의 유전력 추정치와 유사한 결과를 보고한 바 있다.

Table 3은 월령별 실제체중의 유전력 추정치를 표시하였다.

본 연구에 이용된 3, 6, 9, 12, 18, 24 및 36개월령 체중은 각각 90, 180, 270, 365, 540, 730 및 1,095일령을 기준으로 일당증체량을 이용하여 보정한 보정체중 이었는데, 보정된 월령별 체중자료의 분산성분 및 유전력은 출생년도-계절-어미소 나이의 효과를 동기우 집단으로 하는 Model I을 적용하여 추정하였다.

본 연구에서 추정된 생시, 3개월령, 6개월령, 9개월령, 12개월령, 18개월령, 24개월령 및 36개월령 체중의 유전력은 각각 0.27, 0.11, 0.19, 0.14, 0.16, 0.23, 0.52 및 0.32였는데, 타 연구자들의 한우 암소에 대한 월령별 체중의 유전력을 보면 생시체중의 경우 박 등(1998), 손 등(1997), 최 등(1996), 최(2001), 신 등(1990), 양 등(1990) 및 이(1998)가 0.06~0.56, 3개월령 체

Table 3. Heritability estimates for observed body weights of Hanwoo cows by age

	N	σ_a^2	σ_e^2	h^2
Birth	1066	2.78	7.32	0.27
3 month	956	18.07	142.30	0.11
6 month	966	73.21	322.24	0.19
9 month	811	74.18	455.94	0.14
12 month	879	111.11	575.60	0.16
18 month	808	202.95	677.49	0.23
24 month	959	497.86	463.02	0.52
36 month	553	534.01	1134.71	0.32

중의 경우 박 등(1998), 손 등(1997), 최(2001) 및 이(1998)가 0.06~0.26, 6개월 체중의 경우 최(2001)나 양 등(1990)이 0.17~0.18, 12개월령 체중의 경우 박 등(1998), 손 등(1997), 최(2001), 신 등(1990) 및 양 등(1990)이 0.06~0.59, 18개월령 체중의 경우 최(2001), 신 등(1990) 및 양 등(1990)이 0.02~0.40, 24개월령 체중의 경우 손 등(1997), 최 등(1996), 최(2001) 및 양 등(1990)이 0.17~0.30의 범위로 보고하고 있다. 본 연구에서 추정된 24개월령 체중의 유전력은 손 등(1997), 최 등(1996), 최(2001), 양 등(1990)의 보고한 한우 암소의 월령별 유전력에 비해 비교적 높은 편이며 그 외 월령별 체중의 유전력은 타 연구자들의 결과 범위 내에 있는 것으로 판단된다.

Gompertz 모형, Von Bertalanffy 모형 및 Logistic 모형에 적합시켜 추정된 월령별 체중을 Model I을 이용하여 분석한 결과 얻어진 분산성분과 유전력이 Table 4, 5 및 6에 표시되어 있다.

Gompertz 모형, Von Bertalanffy 모형 및 Logistic 모형으로 추정된 생시체중의 유전력은 각각 0.08, 0.08 및 0.06으로 낮았으며, 그 외 3, 6, 9, 12, 18, 24 및 36개월령 추정체중의 유전력은 Gompertz 모형의 경우가 0.18~0.26, Von Bertalanffy 모형의 경우가 0.14~0.41 그리고 Logistic 모형의 경우가 0.12~0.35의 범위였다. 그리고 세모형 모두 12개월령 이후의 월령별 추정체중의 유전

Table 4. Heritability estimates for body weights predicted from Gompertz growth curve

	σ_a^2	σ_e^2	h^2
Birth	5.89	69.69	0.08
3 month	20.20	91.24	0.18
6 month	50.26	206.28	0.20
9 month	94.43	395.40	0.19
12 month	145.24	571.58	0.20
18 month	233.99	754.86	0.24
24 month	346.11	973.17	0.26
36 month	610.10	1856.17	0.25

Table 5. Heritability estimates for body weights predicted from Von Bertalanffy growth curve

	σ_a^2	σ_e^2	h^2
Birth	6.29	67.86	0.08
3 month	17.87	110.90	0.14
6 month	53.98	238.23	0.18
9 month	97.46	449.47	0.18
12 month	157.91	553.31	0.22
18 month	246.62	695.99	0.26
24 month	296.02	890.20	0.25
36 month	602.22	873.67	0.41

력이 생시부터 9개월령 사이의 각 월령별 추정체중의 유전력보다 높은 경향을 보였다.

한편, Table 3에 표시된 월령별 실측체중의 유전력과 성장모형을 이용하여 추정된 월령별 추정체중의 유전력을 비교해보면 생시와 24개월령에서 추정체중의 유전력이 실측체중의 유전력보다 낮게 나타났다.

Brown 등(1972)은 Hereford종과 Angus종 암소에 대해 Brody 모형으로 추정된 월령별 체중의 유전력을 추정된 결과 Hereford종의 경우 4, 8, 12, 16, 20, 24 및 36개월령 체중의 유전력이 각각 0.51, 0.37, 0.39, 0.45, 0.51, 0.57 및 0.67이었고, Angus종의 경우 각각 0.17, 0.30, 0.56, 0.58, 0.51, 0.42 및 0.25였다고 보고한 바 있고,

Table 6. Heritability estimates for body weights predicted from Logistic growth curve

	σ_a^2	σ_e^2	h^2
Birth	5.45	81.57	0.06
3 month	16.51	117.75	0.12
6 month	45.61	218.93	0.17
9 month	88.87	468.99	0.16
12 month	161.20	633.11	0.20
18 month	242.64	756.08	0.24
24 month	277.91	971.05	0.22
36 month	523.66	956.16	0.35

Kaps 등(2000)은 Brody 모형으로 추정된 Angus종 암소의 365일과 550일 체중의 유전력이 각각 0.46 및 0.49이었다고 보고한 바 있는데, 본 연구에서 얻어진 한우 암소의 월령별 추정체중의 유전력 추정치는 대체로 육우 암소에서 조사된 유전력 추정치들에 비해 낮은 것으로 판단된다.

2. 다형질 모형을 이용한 성장곡선 모수의 유전모수 추정

본 연구에서 다형질 모형을 이용한 유전모수 추정을 위해 출생년도-계절과 어미소 나이의 효과를 고정효과로 포함하는 Model I 과 Model I 에 최종 체중 측정시 일령을 공변이로 추가시킨 Model II 등 2가지 분석모형을 이용하였다.

Gompertz 모형의 성장곡선 모수 A, b 및 k에 대해 다형질 모형을 이용하여 추정된 유전력, 유전상관 및 표현형상관계수가 Table 7에 표시되어 있다.

성장곡선 모수 A의 유전력은 Model I 과 Model II에서 각각 0.17과 0.23으로, 성장곡선 모수 b의 유전력은 각각 0.13과 0.13으로 그리고 성장곡선 모수 k의 유전력은 각각 0.06과 0.11로 추정되었다.

성장곡선 모수 A와 k간에 유전상관 및 표현형상관계수는 Model I 에서 각각 -0.47 및 -0.67, Model II에서 각각 -0.56 및 -0.63으로

Table 7. Heritability, genetic and phenotypic correlation among Gompertz growth curve parameters of Hanwoo cows

Parameter ¹⁾	Model I ²⁾			Model II ³⁾		
	A	b	k	A	b	k
A	0.17	0.34	-0.67	0.23	0.37	-0.63
b	0.69	0.13	0.01	0.72	0.13	0.01
k	-0.47	0.26	0.06	-0.56	-0.30	0.11

¹⁾ Heritability on diagonals, genetic correlations below diagonal, and phenotypic correlations above diagonals for each model.

²⁾ Model I : year-season, age of dam and additive genetic effect.

³⁾ Model II : year-season, age of dam, covariate of age at the final weight and additive genetic effect.

추정되었고, A와 b간의 유전상관 및 표현형상관계수는 Model I에서 각각 0.69 및 0.34, Model II에서 각각 0.72 및 0.37로 추정되었다. 그리고 b와 k간의 유전상관 및 표현형상관계수는 Model I에서 각각 0.26 및 0.01, Model II에서 각각 -0.30 및 0.01로 추정되어 Model I과 Model II에서 유전상관이 상이하게 나타났다.

Meyer(1995)는 Hereford종과 Wokalup종 암소 대해 Gompertz 모형으로 추정한 성장곡선 모수 A와 k간의 유전상관 및 표현형상관계수는 Hereford종의 경우 각각 -0.46 및 -0.54, Wokalup종의 경우 -0.71 및 -0.56이었다고 보고한 바 있고, Morrow 등(1978)은 Angus종 암소에 Brody 모형으로 추정한 성장곡선 모수 A와 k간 상관은 일반적으로 음(-)의 상관을 보였다고 보고한 바 있는데, 본 연구 결과 성장곡선 모수간의 유전상관 및 표현형 상관은

Meyer(1995)나 Morrow 등(1978)의 결과와 같은 결과였다.

Von Bertalanffy 모형의 성장곡선 모수 A, b 및 k에 대해 다형질 모형을 이용하여 추정한 유전력, 유전상관계수 및 표현형상관계수가 Table 8에 표시되어 있다.

성장곡선 모수 A의 유전력은 Model I과 Model II에서 각각 0.09와 0.10으로, 성장곡선 모수 b의 유전력은 각각 0.12와 0.12로 그리고 성장곡선 모수 k의 유전력은 각각 0.06과 0.07로 추정되었다. 이런 결과는 Gompertz 모형에 비해 전체적으로 낮은 편이었다.

성장곡선 모수들간의 유전상관 및 표현형상관계수를 보면 A와 k간에는 Model I에서 각각 -0.49 및 -0.67, Model II에서 각각 -0.57 및 -0.70으로 추정되었고, A와 b간에는 Model I에서 각각 0.61 및 0.33, Model II에서 각각 0.60 및 0.30으로 추정되었으며, b와 k간에는

Table 8. Heritability, genetic and phenotypic correlation among Von Bertalanffy growth curve parameters of Hanwoo cows

Parameter ¹⁾	Model I ²⁾			Model II ³⁾		
	A	b	k	A	b	k
A	0.09	0.33	-0.67	0.10	0.30	-0.70
b	0.61	0.12	0.02	0.60	0.12	0.00
k	-0.49	-0.20	0.06	-0.57	0.16	0.07

¹⁾ Heritability on diagonals, genetic correlations below diagonal, and phenotypic correlations above diagonals for each model.

²⁾ Model I : year-season, age of dam and additive genetic effect.

³⁾ Model II : year-season, age of dam, covariate of age at the final weight and additive genetic effect.

Table 9. Heritability, genetic and phenotypic correlation among Logistic growth curve parameters of Hanwoo cows

Parameter ¹⁾	Model I ²⁾			Model II ³⁾		
	A	b	k	A	b	k
A	0.15	0.22	-0.67	0.18	0.24	-0.63
b	0.47	0.07	0.02	0.38	0.07	0.13
k	-0.43	-0.09	0.06	-0.50	-0.02	0.06

¹⁾ Heritability on diagonals, genetic correlations below diagonal, and phenotypic correlations above diagonals for each model.

²⁾ Model I : year-season, age of dam and additive genetic effect.

³⁾ Model II : year-season, age of dam, covariate of age at the final weight and additive genetic effect.

Model I에서 각각 -0.20 및 0.02, Model II에서 각각 0.16 및 0.00으로 추정되어 b와 k간에 유전상관은 Model I로 추정했을 때는 음의 상관관계가 Model II로 추정했을 때는 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

Logistic 모형의 성장곡선 모수 A, b 및 k에 대해 다형질 모형을 이용하여 추정된 유전력, 유전상관계수 및 표현형상관계수가 Table 9에 표시되어 있다.

성장곡선 모수 A의 유전력은 Model I과 Model II의 경우 각각 0.15 및 0.18이었고, 성장곡선 모수 b의 유전력은 각각 0.07 및 0.07이었으며, 성장곡선 모수 k의 유전력은 각각 0.06 및 0.06으로 추정되어 Model I과 Model II에서 유사한 크기로 추정되었다.

성장곡선 모수 A와 k간에 유전상관 및 표현형상관계수는 Model I에서 각각 -0.43 및 -0.67, Model II에서 각각 -0.50 및 -0.63으로, A와 b간에는 Model I에서 각각 0.47 및 0.22, Model II에서 각각 0.38 및 0.24로 그리고 b와 k간에 Model I에서 각각 -0.09 및 0.02, Model II에서 각각 -0.02 및 0.13으로 추정되었다.

세 개의 성장모형 모수들의 유전력을 보면 대체로 Model I 보다는 Model II를 이용해서 추정했을 때 다소 높은 것으로 나타났다. 따라서 성장모형 모수들의 유전모수 추정을 위한 선형모형에 최종체중 측정시 일령을 포함시키게 되면 상가적 유전분산의 크기를 증가시킬 수 있을 것으로 생각된다.

Lopez 등(1978)은 Hereford종과 Brangus종 암소에 대해 Brody 모형으로 추정된 성장곡선 모수들간의 표현형상관계수는 A와 b간에는 각각 -0.30 및 -0.26, A와 k간에는 각각 -0.48 및 -0.67, b와 k간에는 각각 0.76 및 0.71이었음을 보고한 바 있고, Jenkins 등(1991)은 육우 암소에 대하여 Brody 모형으로 추정된 성장곡선 모수 A와 k간의 유전상관계수는 -0.73 ± 0.096 으로 보고한 바 있는데, 본 연구에서 추정된 A와 k간의 유전상관계수 -0.67이나 -0.63은 Jenkins 등(1991)의 결과와 유사하며 A와 k간의 표현형상관계수 -0.43이나 -0.50은 Lopez 등(1978)의 결과와 유사한 성적이었으나, A와 b간의 표현형상관계수 0.47이나 0.38은 Lopez 등(1978)의 결과와 차이가 있는 성적이었다.

DeNise 등(1985)은 Hereford종과 Red Angus종으로 구성된 근교 계통과 비 근교계통 암소자료에 대해 Richard 모형으로 추정된 성장곡선 모수 A와 k간에 일반적으로 음의 상관을 보이지만, 그 외 모수들간의 상관은 해석이 어렵다고 보고한 바 있고, Brown 등(1972)은 Hereford종과 Angus종 암소에 대하여 Brody 모형으로 성장곡선 모수를 추정된 결과 성장곡선 모수들간의 유전상관계수 및 표현형상관계수는 Hereford종 암소의 경우 A와 b간에 각각 -0.97 ± 0.29 및 -0.15 ± 0.18 , A와 k간에 각각 -0.95 ± 0.15 및 -0.72 ± 0.07 , b와 k간에 각각 1.00 ± 0.27 및 0.28 ± 0.16 이었다고 보고한 바 있고, Angus종 암소의 경우 A와 b간에 각각 -0.02 ± 0.57 및 -0.17 ± 0.18 , A와 k간에 각각 $-0.29 \pm$

0.52 및 -0.62 ± 0.13 , b와 k간에 각각 0.97 ± 0.10 및 0.66 ± 0.11 이었다고 보고한 바 있는데, 본 연구에서 얻어진 성장곡선 모수 A와 k간의 유전상관 및 표현형상관계수는 DeNise(1985)와 Brown 등(1972)의 보고와 유사한 결과였으나 b와 k 간의 유전상관계수 및 표현형상관계수는 Brown 등(1972)의 보고와 다소 상이한 결과였다.

IV. 요약

본 연구는 축산연구소 한우시험장에서 출생한 한우 암소로부터 시간적인 간격을 두고 조사된 체중측정 기록에 대해 비선형의 성장곡선 모형을 적용하여 추정된 성장곡선 모수의 유전적인 경향을 평가하기 위해 실시하였다.

본 연구에서 성장곡선 모수들의 유전력 추정은 단형질 모형과 다형질 모형으로 분석하였으며 단형질 모형의 경우 선형모형은 출생년도-계절과 어미소의 나이의 효과가 포함된 동기우 집단을 고정효과로 상가적 개체유전효과를 임의효과로 하는 Model I과 Model I에 최종 체중 측정시의 일령을 일차식 공변이로 추가시킨 Model II 등 두 가지 분석모형을, 그리고 다형질 모형의 경우 출생년도-계절과 어미소 나이의 효과를 고정효과로 하는 Model I과 Model I에 최종 측정시 일령을 공변이로 추가시킨 Model II 등 두 가지 분석모형을 이용하였는데, 단형질 모형의 Model I을 이용하여 추정된 성장곡선 모수 중 성숙체중의 유전력은 모형별로 0.09~0.22의 범위였으며, 성장비는 0.07~0.13의 범위였고, 성숙률은 0.05~0.07의 범위였다. 그리고 Model II를 이용하였을 때는 모형별로 성숙체중이 0.12~0.28, 성장비가 0.07~0.13의 범위였으며 성숙률은 0.12로 Gompertz 모형이나, Von Bertalanffy 모형 그리고 Logistic 모형이 모두 같았다.

한편 다형질 모형의 Model I을 이용하여 추정된 성장곡선모수 중 성숙체중의 유전력은 모형별로 0.09~0.17의 범위였으며, 성장비는 0.07~0.13의 범위였고, 성숙률은 0.06으로 세모형이 같았다. 그리고 Model II를 이용하였을 때는 성

숙체중은 0.10~0.23, 성장비는 0.00~0.01, 성숙률은 0.06~0.11의 범위였다. 본 연구에서 추정된 성장곡선 모수들의 유전력은 외국의 육우에서 보고되는 유전력보다 낮았으며 한우수소에서 보고된 것과 유사한 결과였다.

그리고 Model II는 성숙체중과 성숙률의 유전력이 Model I보다 크게 추정되어 최종 측정시 일령을 공변이로 첨가할 경우 성숙체중과 성숙률의 상가적유전분산의 크기를 증가시키는 결과를 얻었다.

각 월령별 실측체중과 각 성장곡선 모형에 적합시켜 추정한 월령별 체중들에 대해서는 단형질모형을 이용하여 유전력을 추정하였는데 분석에 이용된 선형모형은 출생년도-계절과 어미소의 나이의 효과가 포함된 동기우 집단을 고정효과로 상가적 개체유전효과를 임의효과로 하는 Model I이었다.

실측체중의 경우 24개월령 체중만 0.52로 한우에 대한 타 연구자들의 결과에 비해 높았고 그 외의 월령별 체중은 타 연구자들의 결과 범위에 포함되는 성적이었다. 각 성장곡선모형으로 적합시켜 구한 생시체중의 유전력은 Gompertz 모형이 0.08, Von Bertalanffy 모형이 0.08 그리고 Logistic 모형이 0.06으로서 실측된 생시체중의 유전력 0.27에 비해 높게 나타났다. 그리고 실측체중의 경우 24개월령 체중의 유전력이 0.52, 36개월령 체중의 유전력이 0.32로서 36개월령의 유전력이 24개월령의 유전력에 비해 낮아지는데 적합체중의 경우에는 36개월령 체중의 유전력과 24개월령 체중의 유전력의 차이가 없거나(Gompertz 모형), 오히려 36개월령 체중이 24개월령 체중에 비해 유전력 추정치가 높아지고 있다(Von Bertalanffy 모형, Logistic 모형). 이렇게 적합체중에서 생시의 유전력이 낮아지거나 실측체중의 경우처럼 24개월령 체중보다 36개월령 체중의 유전력이 낮아지지 않는 것은 본 연구에 이용된 각 성장모형들이 생시체중을 실측체중보다 높게 추정하고 36개월령 체중을 낮게 추정하기 때문인 것으로 판단된다. 본 연구 결과로 볼 때 성장곡선 모형으로 추정된 월령별 체중들간에 유전력의 차이가 나타나 한우 암소의 성장예측을 위한 성장곡선의

사용은 중요하게 다루어져야 할 것으로 사료되며, 성장곡선 모수들에 대한 유전능력을 예측하여 한우 암소집단에 대한 선발과 도태의 기준으로 활용한다면 암소의 육용형 개량에 도움이 될 것으로 사료된다.

V. 사 사

본 연구는 2005년도 농촌진흥청(축산연구소) 박사후연수과정지원사업에 의해 이루어진 것임

VI. 인 용 문 헌

1. Brody, S. 1945. Bioenergetics and Growth. Reinhold Pub. Corp., N.Y.
2. Brown, J. E., Brown, C. J. and Butts, W. T. 1972. A discussion of the genetic aspect of weight, mature weight and rate of maturing in Hereford and Angus cattle. *J. Anim. Sci.* 34:525- 537.
3. Brown, J. E., Fizhugh, Jr. H. A. and Cartwright, T. C. 1976. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. *J. Anim. Sci.* 42:810-818.
4. DeNise, R. S. K. and Brinks, J. S. 1985. Genetic and environmental aspects of the growth curve parameters in beef cows. *J. Anim. Sci.* 61:1431-1440.
5. Jenkins, T. G., Kaps, M., Cundiff, L. V. and Ferrell, C. L. 1991. Evaluation of between and within-breed variation in measures of weight-age relationships. *J. Anim. Sci.* 69:3118-3128.
6. Kaps, M., Herring, W. O. and Lamberson, W. R. 1999. Genetic and environmental parameters for mature weight in Angus cattle. *J. Anim. Sci.* 77: 569-574.
7. Kaps, M., Herring, W. O. and Lamberson, W. R. 2000. Genetic and environmental parameters for traits derived from the Brody growth curve and their relationships with weaning weight in Angus cattle. *J. Anim. Sci.* 78:1436-1442.
8. Lopez de Torre, G. and Rankin, B. J. 1978. Factors affecting growth curve parameters of Hereford and Brangus cows. *J. Anim. Sci.* 46:604-613.
9. MacNeil, M. D., Urik, J. J. and Decoudu, G. 2000. Characteristics of line 1 Hereford females resulting from selection by independent culling levels for below average birth weight and high yearling weight or by mass selection for high yearling weight. *J. Anim. Sci.* 78:2292-2298.
10. Meyer, K. 1995. Estimates of genetic parameters for mature weight of Australian beef cows and its relationship to early growth and skeletal. *Livest. Prod.* (44):125-137.
11. Morrow, R. E., McLaren, J. B. and Butts, W. T. 1978. Effect of age on estimates of bovine growth curve parameters. *J. Anim. Sci.* 42:352-357.
12. Nelder, J. A and Mead, R. 1965. A simplex method for function minimization. *Computer J.* 7:147-151.
13. Von Bertalanffy, L. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. *Quart. Rev. Biol.* 32:217.
14. Winsor, C. R. 1932. The Gompertz curve as a growth curve. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 18:1.
15. 박병호, 나승환, 박영일, 김시동, 최연호, 조용민. 1998. 한우의 성장 형질에 대한 유전력과 유전적 개량 추세의 추정. *Animal Genetics and Breeding.* 2(1):41-46.
16. 손삼규, 최호성, 송주엽, 백동훈, 나종삼. 1997. 개량단지 한우의 체중에 대한 환경요인의 효과. *한축지.* 39(4):335-344.
17. 신언익, 박영일. 1990. 한우의 체중에 대한 유전 모수의 추정. *한축지.* 32(6):315-317.
18. 양영훈, 오봉국, 이문연, 이득환. 1990. 한우의 체중과 체측치에 대한 일반능력. *한축지.* 32(11): 648-651.
19. 이용섭. 1998. 한우 이유시 체중에 대한 유전모수 추정. 강원대학교 석사학위논문.
20. 조용민. 2000. 한우의 성장곡선모수 추정 및 경제 형질과의 상관관계에 관한 연구. 서울대학교. 박사학위논문.
21. 최재관. 2001. 한우에서 성장단계별 체중의 유전적 특성. 강원대학교. 박사학위논문.
22. 최호성, 백동훈, 신원집, 손삼규, 나종삼. 1996. 한우의 체중에 대한 임신단계 및 제요인의 효과. *한축지.* 38(1):23-30.

(접수일자 : 2005. 12. 5. / 채택일자 : 2006. 2. 15.)