

한우의 성장곡선의 모수추정과 연도별 효과 분석

조광현 · 나승환 · 최재관 · 서강석 · 김시동 · 박병호 · 이영창 · 박종대 · 손삼규
 농촌진흥청 축산연구소

Estimation of Growth Curve Parameters and Analysis of Year Effect for Body Weight in Hanwoo

K. H. Cho, S. H. Na, J. G. Choi, K. S. Seo, S. Kim, B. H. Park, Y. C. Lee,
 J. D. Park and S. K. Son

National Livestock Research Institute, RDA, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the genetic characteristics of growth stages in Hanwoo, to provide useful information in farm management decisions. Data were taken from the nucleus herds of three farms, Namwon, Daegwallyong and Seosan, comprising 27,647 cows, 14,744 bulls, and 1,290 steers in between 1980 and 2004. According to the growth curve by year, the residuals for cows and bulls were 68.49 and 54.29, respectively, under the Gompertz model. The values were lower than in other years. Parameters, A, b and k were estimated as 423.6 ± 5.8 , 2.387 ± 0.064 and 0.0908 ± 0.0033 in cows and 823.3 ± 15.3 , 3.584 ± 0.070 , 0.1139 ± 0.0032 in bulls, respectively. The fitness was higher under the Gompertz model than under the logistic model: monthly and daily estimation for cows were 379.3 ± 7.509 , 2.499 ± 0.057 , 0.114 ± 0.0045 and 367.1 ± 1.9003 , 2.3983 ± 0.012 , 0.004 ± 0.00003 , respectively. Estimated residual mean squares were 31.85 and 998.4 in their respective models. Monthly and daily estimation of bulls were 834.6 ± 22.00 , 3.319 ± 0.062 , 0.104 ± 0.0037 and 796.0 ± 6.128 , 3.184 ± 0.014 , 0.003 ± 0.00003 , respectively. Estimated residual mean square were 66.18 and 2106.5. Monthly and daily estimation of steers were 1049.1 ± 144.2 , 3.024 ± 0.008 , 0.067 ± 0.0096 and 1505.1 ± 176.6 , 2.997 ± 0.067 , 0.001 ± 0.0001 , relatively. Squares, 186.0 and 1119.1. In terms of growth characteristic estimated by Gompertz model, body weight for cows and bulls were 139.53 kg and 307.03 kg, and the daily gains were 0.52 kg and 1.04 kg, respectively. Body weight for steers was 385.94 kg at the inflection point. Body weight gain was 0.84 kg in both models. Our results showed that cows had lower mature weight and daily weight gain, and reached the inflection point earlier than bulls or steers.

(**Key words** : Growth curve, Gompertz model, Body weight, Residual mean square)

I. 서 론

종자의 국외 의존도가 높아가는 현실에서 우리나라만의 확실한 종자가 있다는 것은 큰 혜택이 아닐 수 없다. 그런 측면에서 한우의 실질적인 연구는 꾸준히 진행되어야 하며, 개량

이라는 측면에서도 한발 앞서 나아가야 할 때라 할 수 있다.

한우의 능력을 외국의 육우 품종과 비교해볼 때 이유시 체중이 작다는 것이 큰 단점으로 파악되고 있어(최, 2001) 가급적 빠른 시간에 시장 출하시 성숙체중까지 도달하게 하거나 동

Corresponding author : S. K. Son, Animal Genetic Improvement Division, National Livestock Research Institute, R.D.A., San9, Eoryong-ri, Seonghwan-eup, Cheonan-si, Chungnam, 330-801, Rep. of Korea, Tel :041-580-3355, E-mail : skson@rda.go.kr

일 연령대에 좀 더 큰 체중을 유도하여 육우의 산육성을 증대시키는 목적으로 개량을 지속 시켜왔다. 이런 한우의 개량 노력으로 성숙도가 10여년 전 보다 크게 증가를 한 것으로 조사되었으나 한우에 대한 발육성적조사 자료는 1989년 이래 개정된 사례가 없이 현재까지 사용하고 있어 개정이 불가피한 실정에 이르렀다. 이에 본 연구는 유전능력의 검정자료로서 뿐만 아니라 농가에서 편리하게 체중을 추정할 수 있도록 하여 관리 경영상 뚜렷한 개선을 제공하기 위하여 한우의 성장 단계별 발육 특성을 조사하였다. 또한 한우의 사양표준설정의 기초 자료로 활용하기 위하여 다양한 성장곡선의 모수를 추정하고 발육곡선을 추정하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료

자료의 구성은 남원, 대관령, 서산과 핵군농가의 자료 43,681개를 이용하여 분석하였다. 월령별 체중자료 총 43,681개중에서 1200일령 이상인 자료와 연령과 체중이 없는 자료는 삭제하여 암소 27,647개 비거세우 14,744개 거세우 1,290개를 이용하였다. 암소의 경우 총 3,131개의 개체가 이용되었으며 자료의 기록수가 1개인 개체가 546두이고 기록수가 2개를 갖는 개체는 1,305개이며, 4개 이상 기록수를 갖는 개체수는 20,594개로 조사되었다. 실제 분석에 이용된 기록수는 각 월령별 이상치를 제거하여 사용 하였으며, 집단 분포를 검정하는 것으로 개체수가 1개나 2개미만인 기록도 포함하여 분석하였다. 비거세우의 경우에도 자료의 기록수가 1개인 개체가 308두이며 전체 14,742개의 개체를 이용하였다. 거세우의 경우에는 전체 1,290개의 개체에서 기록수가 1개인 개체는 105두로 자료의 구조가 하나의 연도로 구성되어 있다.

2. 통계적 분석방법

국내에서는 반복측정된 체중 자료를 비선형

의 성장곡선을 이용하여 다양한 연구가 이루어졌으나(김 등, 1996, 조, 2000, 김 등, 2002, 이, 2003) 표준을 제시한바가 없어 그 필요성이 대두되고 있는 실정이다. 비선형 회귀식을 이용한 함수 추정은 SAS(1998)의 PROC NLIN을 이용하였으며, 편도함수 지정이 필요하지 않은 DUD (Doesn't Use Derivative) 방법을 통하여 추정하였다.

이 연구에 사용된 모형은 비선형 회귀모형인 Gompertz 모형, Logistic 모형 그리고 Richard모형으로 Sigmoid 성장형태를 나타낸다.

현재까지 가장 많이 사용하고 있는 성장곡선 모형인 Gompertz 모형의 성장곡선은 변곡점이 성숙치의 1/3에 위치하는 sigmoid 성장형태이며 함수식은 다음과 같다.

$$W_t = Ae^{-be^{-kt}}$$

$W_t = t$ 시점의 체중

$b =$ 성장비

$k =$ 성숙률에 관한 모수

$A =$ 성숙체중에 관한 모수

Logistic 모형의 변곡점은 변곡점 조절 모수인 r 에 의해 결정되며, 일반적인 함수식은 다음과 같다

$$W_t = A(1 + be^{-kt})^{-r}$$

$W_t = t$ 시점의 체중

$b =$ 성장비, $r =$ 변곡점 조절 모수

$k =$ 성숙률에 관한 모수

$A =$ 성숙체중에 관한 모수

Richard 모형은 변곡점 조절모수의 형태에 따라 von Bertalanffy 모형과 Brody 모형의 후단계 함수형태를 나타낼 수 있는 장점이 있으나, 각 모수들간의 상관성이 높아 추정치의 수렴이 잘 되지 않는 단점이 있다. 함수식은 다음과 같다.

$$W_t = A(1 - be^{-kt})^M$$

$W_t = t$ 시점의 체중

$b =$ 성장비, $M =$ 변곡점 조절모수,

$k =$ 성숙률에 관한 모수

$A =$ 성숙체중에 관한 모수

성장 곡선의 모수는 최적의 성장 곡선을 추정하기 위하여 수집된 자료를 연도별로 구분하여 추정하였으며, 비거세우와 거세우에서는 두 가지 모형을 이용하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 자료분포 특성

전체적인 자료별 분포도를 Fig. 1.에서 보면 암소의 경우 시그모이드의 형태를 나타내고 있으며, 비거세우의 경우에도 거의 비슷한 분포를 보여주고 있으나 거세우의 경우에는 직선 회귀식의 형태를 보여주고 있다. 조사된 암소 자료의 연령에 따른 체중의 평균은 생시인 경우 23.65 ± 3.21 이고 비거세우의 평균은 25.76 ± 3.24 이며 거세우의 경우에는 26.36 ± 3.50 이었다. 연령과 체중과의 상관관계는 0.9214로 고도의 유의성을 나타내었다.

2. 년도별 효과 분석

가장 적합한 연도를 설정하기 위하여 연도별 분포를 10년 단위로 조사한 결과 1990년대의 자료의 체중이 211.57로 높게 나타났으며, Table 1에서 5년 단위로 그룹화하여 분석한 결과 3번째 그룹(1990~1994년)과 5번째 그룹(2000~2004년)의 12개월령 체중이 197.45와 233.45로 높게 나타났다. 또한 Gompertz 모형을 이용하여 년도 그룹별 추세를 비교한 결과 년도가 증가할수록 체중이 증가하는 추세를 보였으며, 잔차를 분석한 결과 Fig. 2.에서처럼 3번째 그룹의 추세곡선이 가장 작은 잔차를 보여주었다. 5번째 그룹(2000~2004년)의 잔차 곡선의 패턴이 큰 경우는 최근자료로 구성되어 있으며 빈도수가 적은 영향에 기인한다.

수소 또한 년도별 분포를 10년단위로 조사한 결과 1990년대의 자료의 체중이 259.32로 높게

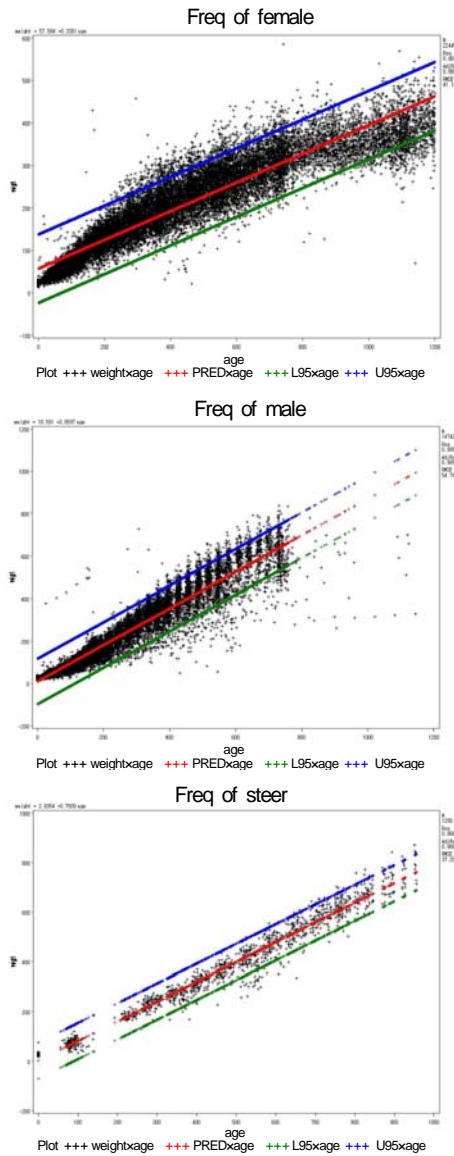


Fig. 1. Distribution character of Hanwoo data (cows, bulls, steers).

Table 1. Means and standard deviation and distribution of records for body weights of Hanwoo cows by year group(12 month)

Group	Period	OBS	Means	SD	Min.	Max.
1	1980~1984	100	188.41	39.30	89.00	342.00
2	1985~1989	134	170.74	25.00	106.00	224.00
3	1990~1994	239	197.45	33.03	127.00	300.00
4	1995~1999	164	192.27	36.05	102.00	304.00
5	2000~2004	95	233.45	33.65	136.00	306.00

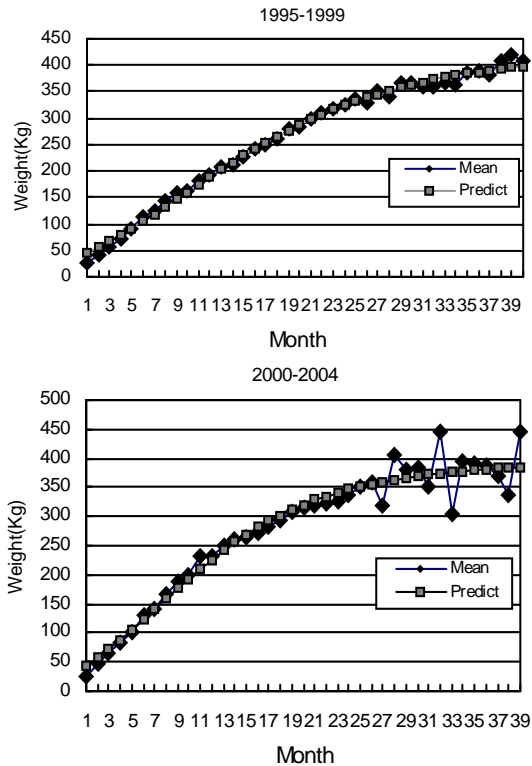


Fig. 2. Trend Distribution character of year in Hanwoo data(cows).

나타났으며, 5년 단위로 그룹화하여 분석한 결과 3번째 그룹(1990~1994년)의 평균이 277.79로 가장 높게 나타났다.

Gompertz 모형을 이용하여 년도 그룹별 추세를 비교한 결과 생시체중에 년도별 차이를 보여주고 있으며 4번째 그룹에서(1995~1999년) 가장 높은 체중 증가추세를 보여주고 있으며, 잔차를 분석한 결과 3번째 그룹의 추세곡선이 가장 작은 잔차를 보여주었다.

암소에서 Gompertz 모형을 Table 2에서 년도별로 분석한 성장곡선을 비교해보면 1990~1994년과 1995~1999년의 분석모형이 비슷한 추세를 보였으며, 모수 A의 값이 423.6과 423.2로 높은 성숙체중을 보여주고 있다. 2000~2004년 그룹의 경우 k 모수 값이 0.125로 급격한 성장을 보여주고 있으며 생시체중의 경우 거의 비슷한 수준을 유지하고 있다. 이 시기의 오차제곱합은 643.1로 제일 크게 나타났다. Table 3의 비거세우의 경우 1990~1994년의 경우 A모수가 823.3으로 최대성숙체중을 보여주고 있으며, 오차 제곱합이 54.291로 제일 작은 경향을 보였다. 거세우의 경우 수집된 자료가 제한적으로 년도별 추정을 할 수가 없었으며, 추정치

Table 2. Estimates of growth curve parameters using Gompertz model in each year group by Hanwoo cows

Year Group	Parameters			
	A ± SE, kg	b ± SE	k ± SE	RMS*
1980~1984	338.4 ± 5.2	2.304 ± 0.117	0.1149 ± 0.0063	135.0
1985~1989	420.4 ± 10.4	2.186 ± 0.055	0.0706 ± 0.0036	80.08
1990~1994	423.6 ± 5.8	2.387 ± 0.064	0.0908 ± 0.0033	68.49
1995~1999	423.2 ± 6.4	2.442 ± 0.075	0.0923 ± 0.0037	87.30
2000~2004	392.1 ± 10.7	2.465 ± 0.250	0.1250 ± 0.0127	643.1

* Residual mean square.

Table 3. Estimates of growth curve parameters using Gompertz model in each year group by Hanwoo bulls

Year Group	Parameters			
	A ± SE, kg	b ± SE	k ± SE	RMS*
1980~1984	426.2 ± 21.3	4.552 ± 1.974	0.2265 ± 0.0573	5291.7
1985~1989	694.2 ± 27.7	3.111 ± 0.169	0.1077 ± 0.0077	457.4
1990~1994	823.3 ± 15.3	3.584 ± 0.070	0.1139 ± 0.0032	54.291
1995~1999	599.8 ± 25.9	5.150 ± 1.207	0.1926 ± 0.0280	2644.3
2000~2004	650.6 ± 30.5	3.398 ± 0.495	0.1346 ± 0.0178	2387.9

* Residual mean square.

또한 추가 자료수집 후에 분석해야 할 것으로 사료된다. 발육 표준에 적합한 년도별 추정과 잔차 분석을 통해 새로운 발육표준의 기준을 설정해야 할 것으로 분석 되었다.

3. 성장곡선 추정

Gompertz 모형을 이용하여 암소의 성장곡선 추정할 경우에 성장초기의 체중이 상향 추정되는 것으로 보아 성장초기의 적합도가 낮은 것으로 보고된 것과 일치하는 결과를 보였으며 (Brown 등 1976), 나머지 모형 또한 같은 결과를 보였다. 오차의 평균 제곱합으로 모형의 정확도를 비교해보면 Richard 모형이 29.15로 가장 작은 오차수준을 보였으며, Gompertz, Logistic 모형 순으로 31.85, 98.81을 나타냈다. Richard 모형은 전체 성장단계에 편의 없이 적합한 되지만 모델에서와 같이 A, b, k, M의 4개의 모수를 추정해야 하므로 계산이 어려운 점이 있으며, 70% 이상의 성숙도에 도달했을 때 과평가되는 경향이 있다고 하였다(Beltran 등 1992). 따라서 성장곡선을 추정하는데 가장 많이 쓰이는 Gompertz와 Logistic 모형을 이용하여 비거세우와 거세우를 분석하였고 암소의 경우에만 세 가지 모형을 모두 이용하였다.

한우 암소의 월령별 곡선추정은 Table 4와 같

이 Gompertz 모형, Logistic 모형에서 성숙체중(A)의 모수값은 379.3 ± 7.509 , 345.0 ± 7.895 였으며, 성숙률(k)에 대한 모수는 0.114 ± 0.0045 , 0.190 ± 0.0102 를 보였다. 또한 Logistic 모형에서 A와 k값은 345.0 ± 7.895 , 0.190 ± 0.0102 으로 추정되었다. 이(2003)의 보고에 의하면 Logistic 모형에서 A, b 및 k 모수는 341.2 ± 1.2 , 5.65 ± 0.04 및 0.005 ± 0.00004 로서 추정 모수의 성숙체중은 유사한 체중을 보였으나 성장비가 높게 나왔으며, 성숙률 또한 높게 나타났다. 성숙율이 다른 보고와 다르게 높게 추정된 이유는 일별추정이 아니라 월별추정을 해서 나타난 결과이며 Table 5와 같이 일별 추정을 해본 결과 비슷한 추정치를 보였으며, Gompertz 모형 또한 같은 결과를 보였다. Richard 모형의 경우 성숙체중이 높게 나타났으며 성장비가 작게 추정되었다. 또한 제시는 되지 않았으나 Richard 모형의 모수 m값은 월별추정과 일별 추정값은 2.712 ± 1.672 과 1.110 ± 0.063 이었다. 수소의 경우 Table 6과 같이 월별 곡선추정 모수는 834.6 ± 22.00 , 3.319 ± 0.062 , 0.104 ± 0.0037 이었다. 성장비의 암수차이를 비교해보면 수소에서 성장비의 비율이 크게 나타났으며, 모수의 k 값이 클수록 성장형태가 조숙성을 나타내며 작을수록 만숙성을 나타내므로 Gompertz 모형의 A와 k 간에는 음의 상관을 보인다고 하였다(Brown 등 1972).

Table 4. Estimates of growth curve parameters and residual mean square(RMS) using three nonlinear models in Hanwoo cows population by month

Model	Parameters			RMS
	A ± SE, kg	b ± SE	k ± SE	
Gompertz	379.3 ± 7.509	2.499 ± 0.057	0.114 ± 0.0045	31.85
Logistic	345.0 ± 7.895	7.133 ± 0.539	0.190 ± 0.0102	98.81
Richard	421.2 ± 27.91	0.622 ± 0.254	0.081 ± 0.0173	29.15

Table 5. Estimates of growth curve parameters and residual mean square(RMS) using three nonlinear models in Hanwoo cows population by day

Model	Parameters			RMS
	A ± SE, kg	b ± SE	k ± SE	
Gompertz	367.1 ± 1.9003	2.3983 ± 0.012	0.004 ± 0.00003	998.4
Logistic	334.0 ± 1.1992	6.7620 ± 0.070	0.006 ± 0.00005	1065.4
Richard	494.5 ± 17.680	0.9504 ± 0.014	0.001 ± 0.00013	1047.3

성숙률 추정치가 높은 조숙성개체는 성숙체중이 가볍고 만숙성인 개체는 성숙체중이 무거운 관계를 보이는데 암소의 경우 최(2003)가 b, k에서 2.208과 0.00327을 보였고 본 연구에서는 Table 5와 같이 2.398과 0.004를 보여 비슷한 경향을 보였다. 또한 수소의 경우 김 등(2002)이 보고한 3.956과 0.0034는 Table 7의 3.318와 0.003과 비교하여 성숙비에서 다소 작게 나타났으나 암소보다 큰 b 값과 k 값으로 보아 암소보다 성숙체중 비율이 높고 좀 더 조숙성인 것으로 판단된다.

한우수소 Gompertz, Logistic 모형의 성장곡선 모수 a, b와 k는 각각 834.6 ± 22.00 , 691.0 ± 19.36 , 3.319 ± 0.062 , 13.19 ± 0.996 , 0.104 ± 0.0037 , 0.202 ± 0.0095 이며, 오차의 평균제곱합은 수소, 거세우 모두 Gompertz 모형이 66.18, 186.0으로 낮은 오차수준을 보여 Logistic 모형이 Gompertz 모형보다 적합도가 떨어진다고(이, 2003) 한 것과 같이 Gompertz 모형이 추정에 적합하리라

사료된다. 김 등(1996)은 Gompertz 모형이 Richards 모형에 비해 모수의 추정이 용이하다고 하였다. 또한 한우수소 Gompertz 모형의 성장곡선 모수 a, b와 k는 각각 688.4 ± 3.95 , 3.25 ± 0.017 와 0.0037 ± 0.00003 라고 보고하였다. 또한 조(2000)는 한우수소 Gompertz 모형의 성장곡선 모수 a, b와 k는 각각 807.64 ± 6.32 , 3.24 ± 0.01 와 0.096 ± 0.001 으로 보고하였으며, 김(2002)은 한우수소 Gompertz 모형의 성장곡선 모수 a, b와 k는 각각 906.1 ± 13.26 , 3.95 ± 0.80 와 0.0034 ± 0.00009 으로 보고하였고 수소의 경우 조(2000)가 보고한 시점의 체중추정 모수와 비슷하게 추정되었다.

또한 조(2002)의 보고에 의하면 성숙체중과 성숙률에 관한 성장곡선 모수가 영향을 적게 받으면서 정확하게 추정하기 위해서는 수소 체중기록의 최종입력시기가 22개월령 이상이 되어야 한다고 하였다. 따라서 체중기록 뿐 아니라 초기성장형태에 영향을 주는 환경적 요인에

Table 6. Estimates of growth curve parameters and residual mean square(RMS) using three nonlinear models in Hanwoo bulls and steer population by month

Type	Model	Parameters			RMS
		A ± SE, kg	b ± SE	k ± SE	
Male	Gompertz ¹⁾	834.6 ± 22.00	3.319 ± 0.062	0.104 ± 0.0037	66.18
	Logistic ²⁾	691.0 ± 19.36	13.19 ± 0.996	0.202 ± 0.0095	246.1
Steer	Gompertz	1049.1 ± 144.2	3.024 ± 0.008	0.067 ± 0.0096	186.0
	Logistic	762.7 ± 66.62	10.16 ± 0.746	0.142 ± 0.0128	278.5

¹⁾ sas program expression > model weight = A × exp(-B × exp(-k × month))

²⁾ sas program expression > model weight = A/(1 + B × exp(-k × month))

Table 7. Estimates of growth curve parameters and residual mean square(RMS) using three nonlinear models in Hanwoo bulls and steer population by day

Type	Model	Parameters			RMS
		A ± SE, kg	b ± SE	k ± SE	
Male	Gompertz ¹⁾	796.0 ± 6.128	3.184 ± 0.014	0.003 ± 0.00003	2106.5
	Logistic ²⁾	657.6 ± 3.006	12.54 ± 0.1293	0.007 ± 0.00005	2280.8
Steer	Gompertz	1505.1 ± 176.6	2.997 ± 0.067	0.001 ± 0.0001	1119.1
	Logistic	936.9 ± 51.27	9.280 ± 0.294	0.003 ± 0.0001	1143.3

¹⁾ sas program expression > model weight = A × exp(-B × exp(-k × day))

²⁾ sas program expression > model weight = A/(1 + B × exp(-k × day))

대한 많은 정보가 필요하며 또한 체중이 낮게 추정되는 6개월령까지의 초기자료뿐만 아니라 자료크기, 사양형태 등을 고려해야 하는 것으로 사료된다. 김 등(2002)의 거세우 60두에 대한 성장곡선 추정 모수는 823.1 ± 15.15 , 3.30 ± 0.048 와 0.0027 ± 0.00007 라고 보고하였다. 그러나 여기에서 추정된 모수는 1049.1 ± 144.2 , 3.024 ± 0.008 , 0.067 ± 0.0096 으로 성숙체중에서 많은 차이를 보였다. 이는 그동안 거세우의 사양관리가 비육위주의 높은 고사양으로 전환되어 진행되어온 결과로 사료되며 또한 분석과정에서 일부 월령의 자료가 없거나 부족한 상태로 추정된 결과로 사료된다.

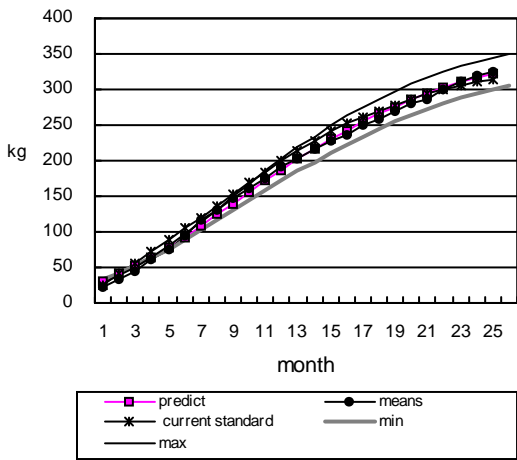


Fig. 3. Estimate of growth curves of body weight by Gompertz model in Hanwoo cows.

Fig 3에서 한우 암소의 추정된 성장곡선을 비교해보면 현재 표준(Current standard)은 초기 성장에서 높게 성장을 한 반면 평균과 추정치

(Predict)는 낮게 나타났으며, 22개월 이후 성장 시기에는 높게 추정되었다. Fig 4에서는 한우 수소의 성장 곡선을 나타내고 있으며, 추정된 곡선은 초기성장 체중이 작고 후반 성장 체중이 표준에 비하여 급격하게 상승함을 보여주고 있다. Current standard는 현재 가축개량관련자료에 등재된 발육표준값이며 Predict는 실제 자료로 추정된 값을 나타내고 있다.

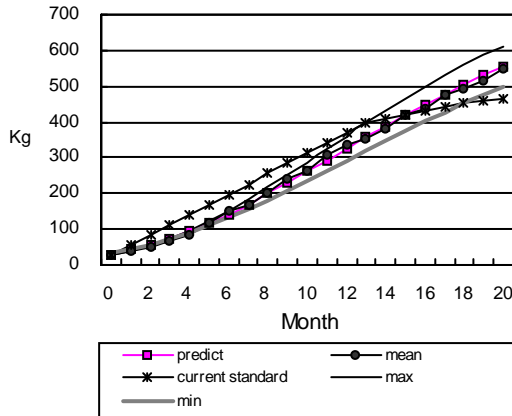


Fig. 4. Estimate of growth curves of body weight by Gompertz model in Hanwoo bulls,

생시체중의 경우 Gompertz 모형으로 추정할 경우에 실제 자료가 평균값보다 상향추정되는 결과를 보였으며, 암소의 성숙체중에 대하여 $1/e$ 의 지점이 성장곡선의 변곡점으로 Table 8과 같이 변곡점에서의 추정체중은 Gompertz, Logistic 모형이 각각 139.53 kg, 172.50 kg 이었으며, 변곡점에서의 일당증체율은 0.52 kg, 0.53 kg으로 추정되었다. 수소의 변곡점에서의 체중은 307.03 kg, 345.50 kg 이었으며, 일당증체율은 1.04 kg, 1.14 kg

Table 8. Growth characteristics at inflection point on growth curves by two models for Hanwoo

Type	Model	Inflection point (month)	Growth rate (kg/ month, day)	Weight at inflection (kg)
Cow	Gompertz	7.85	15.90(0.52)	139.53
	Logistic	10.34	16.38(0.53)	172.50
Bull	Gompertz	11.53	31.89(1.04)	307.03
	Logistic	12.76	34.89(1.14)	345.50
Steer	Gompertz	16.51	25.85(0.84)	385.94
	Logistic	16.32	27.07(0.88)	381.35

이었다. 최대성장이 일어나는 시기가 11.53개월로 대략 12개월 시점에서 최대가 된다고 보고한 조(2000)의 보고와 일치하였다. 거세우의 경우 변곡점 체중은 385.94 kg, 381.35 kg 이었고 성장속도가 최대인 지점의 순간적인 증체율은 두 모형에서 0.84 kg, 0.88 kg을 나타내었다. Table 8에서처럼 암소가 수소나 거세우에 비하여 성숙 체중이 작고 변곡점까지의 도달일령이 빠르며 일당증체량도 작은 성장특성을 보였다. Table 9에서 한우의 생시체중은 암소에서 23.53 kg 보여 백 등(1985)이 보고한 체중과 거의 유사하게 나타났으며, 최 등(1998)이 보고한 자료보다는

조금 낮게 나타났으나 이는 자료가 남원, 대관령, 서산, 핵군농가, 축산연구소의 자료로 개량을 하는 곳과 하지 않는 곳의 차이가 상쇄된 결과라 할 수 있겠다. 이런 영향에도 불구하고 수소의 생시체중은 25.57 kg을 보여주고 있으며 신 등(1990)이 보고한 24.74 kg 보다는 높게 나타났으며 전 등(1999)가 보고한 26.1 kg 보다는 작게 나타났다. Table 9는 Gompertz 모형을 이용한 암소, 수소, 거세우의 월령별 체중 추정표를 작성한 것으로 암소의 경우 25개월령, 수소의 경우 24개월령까지의 추정자료이며 거세우의 경우 자료 부족으로 전체 평균과 비교해 볼

Table 9. Growth standard using the Gompertz models and means by age for body weight in Hanwoo

Age	Cow			Bull			Means		
	H	M	L	H	M	L	Cow	Bull	Steer
0	33.61	31.14	28.81	32.49	30.20	27.99	23.53	25.57	
1	42.64	40.82	39.09	43.64	42.03	40.43	34.57	38.72	
2	52.83	51.97	51.18	57.05	56.60	56.14	43.97	48.24	
3	64.93	64.45	64.07	75.28	73.99	72.75	60.97	68.07	71.08
4	80.14	78.08	76.21	97.83	94.19	90.70	75.9	84.34	75.75
5	96.50	92.66	89.10	123.64	117.04	110.80	94.57	116.21	
6	113.72	107.93	102.55	152.41	142.33	132.87	116.38	152.95	
7	131.47	123.67	116.39	183.73	169.75	156.68	129.49	167.84	177.6
8	149.44	139.62	130.43	217.12	198.92	181.96	145.87	200.19	184.01
9	167.35	155.58	144.51	252.05	229.46	208.42	161.94	241.07	212.17
10	184.96	171.34	158.48	287.99	260.95	235.74	174.19	264.36	238.56
11	202.04	186.74	172.20	324.41	292.98	263.62	190.49	306.53	263.28
12	218.45	201.63	185.57	360.82	325.17	291.77	202.61	335.34	272.98
13	234.05	215.91	198.48	396.80	357.17	319.90	217.45	352.87	287.86
14	248.75	229.49	210.87	431.96	388.67	347.77	227.92	383.35	321.26
15	262.51	242.32	222.69	466.01	419.41	375.16	237.16	420.72	345.6
16	275.29	254.37	233.88	498.69	449.16	401.88	251.03	436.2	373.5
17	287.11	265.61	244.44	529.82	477.74	427.77	257.94	478.64	398.22
18	297.96	276.06	254.35	559.28	505.03	452.70	269.93	494.61	419.73
19	307.90	285.72	263.61	586.97	530.94	476.58	280.5	517.37	427.26
20	316.95	294.62	272.24	612.88	555.40	499.34	286.75	550.72	475.62
21	325.16	302.79	280.24	636.98	578.39	520.93	299.61	583.42	493.73
22	332.60	310.27	287.65	659.32	599.90	541.33	312.5	606.47	526.9
23	339.31	317.09	294.48	679.94	619.96	560.53	318.42	626.34	552
24	345.35	323.30	300.77	698.91	638.59	578.55	325.69	643.94	591.96
25	350.78	328.94	306.54				332.57		

H : Approximate the maximum limits in 95% Confidence, M : Approximate the minimum limits in 95% Confidence, L : Approximate the medium limits in 95% Confidence.

때 95%의 신뢰수준에서 상하위 체중값중 상한치의 체중과 비슷한 경향을 보이므로 상한값(H)과 중간값(M)의 사이값을 참고로 발육정도를 감안하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 아울러 더 정확한 발육곡선을 얻기 위해서는 환경적요인을 제거할 수 있는 성장곡선추정모델의 개발과 더불어 농가의 자발적인 개량의지, 자료의 측정 및 기록관리가 꾸준히 이루어져야 할 것으로 판단된다.

IV. 요약

본 연구는 유전능력의 검정자료로서 뿐만 아니라 농가에서 편리하게 체중을 추정할 수 있도록 하여 관리 경영상 뚜렷한 개선을 제공하기 위하여 한우의 성장 단계별 발육 특성을 조사하였다. 자료의 구성은 1980~2004년의 남원, 대관령, 서산과 핵군농가의 자료로 암소 27,647개 비거세우 14,744개 거세우 1,290개를 이용하였다. 암소의 경우 시그모이드(sigmoid)의 형태를 나타내고 있으며, 비거세우의 경우에도 거의 비슷한 분포를 보여주고 있으나 거세우의 경우에는 직선 회귀식의 형태를 보여주고 있다. Gompertz 모형을 이용하여 년도별로 분석한 성장곡선은 암, 수소 모두 1990~1994년의 잔차값이 68.49와 54.29로 낮게 나타났으며, 모수 A, b, k의 경우 암소에서 각각 423.6 ± 5.8 , 2.387 ± 0.064 , 0.0908 ± 0.0033 로 추정되었고 수소에서 823.3 ± 15.3 , 3.584 ± 0.070 , 0.1139 ± 0.0032 로 추정되었다. 적합도가 Logistic 모형보다 좋은 Gompertz 모형을 이용하여 곡선추정을 하였으며, 추정된 암소의 월별추정값과 일별추정값은 379.3 ± 7.509 , 2.499 ± 0.057 , 0.114 ± 0.0045 와 367.1 ± 1.9003 , 2.3983 ± 0.012 , 0.004 ± 0.00003 이며, 오차의 평균 제곱합(Residual mean square)은 31.85, 998.4으로 추정되었다. 수소의 월별 추정값과 일별추정값은 834.6 ± 22.00 , 3.319 ± 0.062 , 0.104 ± 0.0037 과 796.0 ± 6.128 , 3.184 ± 0.014 , 0.003 ± 0.00003 으로 오차의 평균 제곱합은 66.18, 2106.5로 추정되었으며, 거세우의 경우 1049.1 ± 144.2 , 3.024 ± 0.008 , 0.067 ± 0.0096 와 1505.1 ± 176.6 , 2.997 ± 0.067 , 0.001 ± 0.0001 이며, 오차의

평균 제곱합은 186.0, 1119.1이었다. 성장의 특성을 살펴보면 Gompertz 모형으로 추정할 때 암소의 변곡점(Inflection point)에서의 체중은 139.53 kg 이었으며, 변곡점에서의 일당증체율은 0.52 kg으로 추정되었다. 수소의 변곡점에서의 체중은 307.03 kg 이었으며, 일당증체율은 1.04 kg 이었다. 거세우의 경우 변곡점 체중은 385.94 kg 이었고 성장속도가 최대인 지점의 순간적인 증체율은 두 모형에서 0.84 kg을 나타내었다. 암소가 수소나 거세우에 비하여 성숙체중이 작고 변곡점까지의 도달일령이 빠르며 일당증체량도 작은 성장특성을 보였다.

V. 인용 문헌

1. Beltran, J. J., Butts, W. T., Jr, Olson, T. A. and Koger, M. 1992. Growth patterns of two lines angus cattle selected using predicted growth parameters. *J. Anim. Sci.* 70:734-741.
2. Brown, J. E., Brown, C. J. and Butt, W. T. 1972. A discussion of the genetic of weight, mature weight and rate of maturing in Hereford and Angus cattle. *J. Anim. Sci.* 34: 525-537.
3. Brown, J. E., Fitzhugh, H. A., jr and Cartwright, T. C. 1976. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationship in cattle. *J. Anim. Sci.* 42:810.
4. Gompertz, B. 1825. *Philos. Trans. Roy. Soc.* 115:513 (Cited from Winsor, C. R. 1932. The Compertz curve as a growth curve. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 18:1.)
5. SAS. 1998. *SAS Users Guide: Statistics.* SAS Inst., Inc., Cary, NC.
6. 김내수, 주종철, 이득환. 1996. 한우의 체계분석을 위한 성장곡선 모수의 추정. *한축지.* 38(2): 119-124.
7. 김내수, 주종철, 송만강, 정정수, 최양일, 박철진. 2002. 한우 거세 및 비거세우의 성장곡선 특성. *한국동물자원과학회지.* 44(5):519-522
8. 백동훈, 신원집, 나승환, 정연후, 강수원. 1992. 한우의 주요 경제형질에 대한 환경요인의 효과. *한축지.* 34(1):1-9.

9. 신언익, 김종복, 한광진, 박영일. 1990. 한우의 경제 형질에 대한 환경요인 효과. 한축지. 17(3):223.
10. 이창우, 최재관, 전기준, 나기준, 이채영, 황정미, 김병완, 김종복. 2003. 한우 암소의 개체별 성장곡선 모수 추정. 한국동물자원과학회지. 45(5):689-696.
11. 이창우, 최재관, 전기준, 나기준, 이채영, 양부근, 김종복. 2003. 한우 암소의 성장특성 평가를 위한 성장곡선의 추정. 한국동물자원과학회지. 45(4) 509-516.
12. 전기준, 최재관, 임석기, 윤상보, 윤상기, 이창우, 김종복. 1999. 한우 비거세우의 산육능력과 도체 형질에 대한 환경요인의 효과. 한국동물유전육종학회지. 3(1):15-24.
13. 조용민. 2000. 한우의 성장곡선모수 추정 및 경제 형질과의 상관관계에 관한 연구. 서울대학교. 박사학위논문
14. 최연호, 이학교, 박병호, 나승환. 1998. 한우의 초기사육 환경과 이유전 산육능력. 한국동물유전육종학회지. 2(2):135-140.
15. 최재관. 2001. 한우에서 성장단계별 체중의 유전적 특성. 강원대학교. 박사학위 논문.
16. 최재관, 전기준, 이창우, 나기준, 이채영, 김종복. 2003. 개체모형에 의한 한우의 성장단계별 체중의 유전모수 추정. 한국동물자원과학회지. 45(5) 667-678. (접수일자 : 2005. 12. 12. / 채택일자 : 2006. 3. 13.)