

한우의 체중 성장곡선 모수 추정을 위한 체중 측정 자료의 최적 범위에 관한 연구

조용민* · 윤호백** · 박병호** · 안병석* · 전병순* · 박영일**

농촌진흥청 축산기술연구소*, 서울대학교 농생명공학부**

Study on the Optimum Range of Weight-Age Data for Estimation of Growth Curve Parameters of Hanwoo

Y. M. Cho*, H. B. Yoon**, B. H. Park**, B. S. Ahn*, B. S. Jeon* and Y. I. Park**

National Livestock Research Institute, R.D.A*,

School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University**

ABSTRACT

Mature weight (A) and rate of maturing (k) estimated by nonlinear regression were studied to determine the optimum age range over which the estimate of growth curve parameters can be estimated. The weight-age data from 1,133 Hanwoo bulls at Hanwoo Improvement Center of N.A.C.F. were used to fit the growth curve using Gompertz model. All available weight data from birth to the specific age of months were used for the estimation of parameters: the six specific ages used were 12, 14, 16, 18, 20, 22 and 24 months of age. The mean estimates of mature weight (A) were 966.5, 1,255.9, 1,126.2, 916.5, 842.2, 780.9 and 767.0kg for ages 12 through 24 months, respectively. The mean estimates of mature weight (A) to 22 and 24 months of age were not different from each other. However, they were different from the estimates based on the data to other ages. Mean estimates of rate of maturing (k) were 3.362, 3.595, 3.536, 3.421, 3.403, 3.409 and 3.411 for ages 12 through 24 months, respectively. The mean estimates of maturing rate (k) for ages 18 through 24 months of age were not significantly different from each other. However, they were different from the estimates based on the data to other ages. Correlations among estimates of A at various ages showed the highest value of 0.93 between 22 and 24 months. Correlations among estimates of k at various ages were highest ranging from 0.91 to 0.99 among 18 to 24 months. The correlations between A and k were positive and tended to decrease with the increase of the age from 0.84 for the age of 12 months to 0.10 for the age of 24 months. Thus, the estimates of growth curve parameters, A and k, suitable for genetic studies can be derived from accumulated Hanwoo bulls after 22 months of age.

(Key words : Hanwoo, Age, Weight, Growth curve parameters)

I. 서 론

개체의 성장에 대한 정확한 측정을 위해서는

성장 전체 단계에 대한 연속적인 측정이 바람직하지만 실제로 이러한 작업은 불가능하므로 측정하지 않은 시기의 개체 일령에 대한 내삽

Corresponding author : Dr. Y. M. Cho, National Livestock Research Institute, R.D.A., Ōryong-ri, Seonghwan-eup Cheonan 330-800, Korea. E-mail: makitez@chollian.net

(interpolation)이 가능하도록 대수적 함수에 의한 측정 모형을 적용하는 것이 바람직하다. 이러한 방법으로 측정치를 연속적인 값으로 추출할 수 있으며 성장률과 성장곡선의 변곡점(inflexion point)과 같은 성장곡선의 특징을 계산할 수도 있다. 결국 성장곡선의 추정을 통해 구한 몇 가지의 모수를 이용하여 성장에 관한 정보를 축약시켜 낼 수 있다(Brown 등, 1976).

외국의 경우 육우 품종의 일령별 체중 자료에 대해 비선형 회귀 방법을 이용한 육우의 성장 특성에 관한 많은 연구가 있었으며(Brody, 1945; Joandet, 1967; Brown 등, 1972), 성장곡선을 이용하여 추정된 성숙체중(A)과 성숙률(k) 추정치의 변이에 대한 분석과 아울러 이들 추정치들과 경제 형질의 생산 효율간의 관계에 대한 연구가 이뤄졌다(Joandet, 1967; Joandet and Cartwright, 1969; Brown 등, 1972). 국내의 경우 한우의 증체에 관해 성장곡선을 적합시킨 연구가 있었다(김 등 1996). 그러나 이러한 성장 정보를 실제로 육우 개량에 적용하기 위해서는 성장 단계중 체중 발달의 형태(성장곡선 형태/초기성장 형태)에 영향을 미치는 요인들에 대한 많은 정보가 필요하다(Morrow 등, 1978). 성장곡선 추정에 영향을 미치는 요인들에는 일령별 체중 자료의 크기 그리고, 사육 계획이 균일하지 않은 경우 사양관리 형태 및 암소의 경우 번식 단계 등이 있을 수 있다(Fitzhugh 등, 1967).

따라서, 본 연구는 한우 수소의 체중에 대한 성장곡선 추정시 모수 추정치에 영향을 미치는 자료의 크기 즉, 최종 측정 일령 범위의 효과에 대한 분석을 통해 정확한 성장곡선 모수 추정을 위한 최적의 한우 체중 자료의 범위를 알아보고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 분석 자료

본 연구에 이용한 자료는 1990년부터 1996년까지 충남 서산에 위치한 농협중앙회 한우 개량부에서 출생한 한우 수소 1,133두의 일령별

체중 자료로서 개체별로 생시체중을 포함하여 후대검정 종료시점인 24개월령까지 일령별 체중 측정치가 12개 이상인 자료들만을 분석에 포함하였다.

분석자료는 14개월령부터 24개월령까지 2개월 단위로 최종자료 입력시기에 의하여 구분된 6개의 자료로 구성하였다.

Table 1. Data sets used for estimation of individual growth curve parameters with various months of age

Data Range (Age in Months)	Number of bulls
0~14	1,133
0~16	1,133
0~18	1,132
0~20	1,132
0~22	1,132
0~24	1,132

2. 분석 모형 및 방법

일령별 체중 자료에 대해 비선형 회귀식인 성장곡선 모형 가운데 Gompertz모형을 적용하여 성숙체중(A)과 성숙률(k)를 추정하였으며, 모형식은 다음과 같다(Winsor, 1932; Draper 등, 1981).

$$W_t = A e^{-be^{-kt}}$$

W_t : t 일령의 체중

A : 성장곡선의 점근상한계(upper asymptote), 성숙체중(mature weight)

b : 성장 비율 모수(생시체중에 대한 성숙체중의 비율)

k : 성숙률(rate of maturing)

t : 체중 측정 일령

e : 지수(exponential)

본 연구에서 성장곡선 추정을 위해 이용한 Gompertz모형은 3개의 모수를 추정해야 하는 모형으로, A는 성장곡선의 점근 상한계(upper

asymptote)로서 성숙체중(mature weight)이고 b는 성장 비율에 관한 모수이며, k는 성숙률(rate of maturing)에 관한 모수로서 k값이 클수록 성장 형태가 조숙성임을 의미한다.

개체별로 이와 같은 성장곡선 모수를 추정하기 위해 SAS@6.12 패키지 프로그램의 PROC NLIN을 이용하였으며, 일령에 대한 체중의 비선형 회귀를 통해 추정된 성숙체중(A)과 성숙률(k)에 관한 모수 추정치들을 일령별 체중자료의 최종입력시기별로 나누는 6개의 자료들에 대해 변이 및 상관 관계를 분석하였다(SAS, 1990).

III. 결과 및 고찰

체중 자료의 최종 입력시기별로 구분한 6개의 자료들에 대해 Gompertz 모형으로 적합시킨 성장곡선의 성숙체중(A) 추정치 평균을 Table 2에 표시하였다. 표의 자료 이름에서 A다음의 숫자는 모수 추정에 이용한 체중자료가 입력된 최종 월령을 의미한다.

각 자료별로 추정한 성숙체중의 평균은 개체별로 체중자료 기록이 가장 적은 14개월령에서 가장 높았으며 이후 개체별 기록수가 많아짐에 따라 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 분석에

이용한 자료들 중 개체별 기록수가 상대적으로 많은 22개월령과 24개월령까지의 체중자료를 이용한 성숙체중은 각각 780.9kg과 767.0kg으로 추정되었는데, 두 자료에 의한 추정치의 평균 간 차이에는 유의성이 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$).

Table 3에는 개체별 성장곡선의 성숙률(k) 추정치들의 평균을 표시하였다. 체중기록의 최종 입력시기에 따른 자료별로 비교했을 때, 개체별 체중자료 기록이 가장 적은 14개월령에서 가장 높게 나타났으며, 다음으로 16개월령에서 높게 나타났다가 18~24개월령 자료에 의한 추정치들 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$).

각 자료에 의한 추정치들의 변이계수를 비교하였을 때 전체적으로 성숙체중 추정치가 성숙률 추정치보다 변이가 큰 것으로 나타났는데 이는 체중기록의 최종 입력시기가 짧아질수록 즉 개체별 체중자료 기록수가 적을수록 성숙률 추정치에 비해 성숙체중 추정치의 편의가 커질 수 있음을 의미한다.

Table 4에는 체중기록의 최종 입력시기별로 구분한 자료들에서 개체별로 추정한 성숙체중(A) 추정치들 간의 상관 계수를 표시하였다. 14개월까지의 체중자료로 추정한 성숙체중 추

Table 2. Means, standard deviations and coefficients of variation of mature weight(A) estimated at various months of age

Item	A14	A16	A18	A20	A22	A24
N	1,133	1,133	1,132	1,132	1,132	1,132
Mean(kg)	1,255.9	1,126.2	916.5	842.2	780.9	767.0
SD	903.6	655.9	380.3	246.9	136.6	119.7
C.V(%)	71.9	58.2	41.5	29.3	17.5	15.6

Table 3. Means, standard deviations and coefficients of variation of maturing rate(k) estimated at various months of age

Item	k14	k16	k18	k20	k22	k24
N	1,133	1,133	1,132	1,132	1,132	1,132
Mean	3.5952	3.5360	3.4207	3.4026	3.4094	3.4108
SD	0.6211	0.4969	0.3725	0.3583	0.3853	0.3880
C.V(%)	17.3	14.1	10.9	10.5	11.3	11.4

Table 4. Correlation coefficients¹⁾ among mature weight(A) estimated at various months of age

	A16	A18	A20	A22	A24
A14	0.66	0.43	0.25	0.14	0.16
A16		0.77	0.53	0.44	0.36
A18			0.71	0.59	0.52
A20				0.77	0.68
A22					0.93

¹⁾ Correlation Coefficients are all significant(p<.05).

Table 5. Correlation coefficients¹⁾ among maturing rate(k) estimated at various months of age

	k16	k18	k20	k22	k24
k14	0.80	0.64	0.62	0.63	0.63
k16		0.79	0.71	0.69	0.68
k18			0.94	0.91	0.91
k20				0.97	0.96
k22					0.99

¹⁾ Correlation Coefficients are all significant(p<.05).

정치들은 나머지 자료들의 추정치들과 상대적으로 낮은 상관을 보였으나 모두 유의성이 있었다(p<0.05). 최종입력시기별 자료에 의한 성숙체중 추정치들 간의 상관은 22개월령까지의 자료 이전까지는 전체적으로 상관관계가 높아지는 경향을 보였으며, 22개월령까지의 체중자료와 24개월령까지의 체중자료간에 0.93으로 가장 안정된 관계를 보이는 것으로 나타났다.

Table 5에는 체중 기록의 최종 입력시기별로 구분한 자료들에서 개체별로 추정한 성숙률(k) 추정치들 간의 상관 계수를 표시하였다. 성숙률 추정치들간의 상관 관계는 성숙 체중 추정치들간의 상관 관계와 유사한 경향을 보였으나, 비교적 높은 상관 관계를 가지는 것으로 나타났으며, 특히 18개월령 이후의 기록까지 포함된 자료들에서 추정된 성숙률 간에 0.91~0.99로 높은 상관 계수가 추정되어 안정된 관계를 보이는 것으로 나타났다.

Table 6에는 각 체중기록의 최종 입력시기별 자료에서 추정한 성장곡선 모수의 성숙체중(A)과 성숙률(k) 추정치들 간의 상관을 표시하였다. 실제로 Gompertz모형의 A와 k간에는 수학적 상관 관계가 존재하며 음의 상관을 보인

다고 한다(Brown 등 1972). 즉 성숙률 추정치가 높은 수치인 조숙성인 개체는 성숙체중이 가볍고, 반대로 성숙률 추정치가 낮은 수치인 만숙성이 개체는 성숙체중이 무거운 관계를 보인다고 한다. 그러나 실제 자료에서 추정되는 성장곡선 모수들 간의 상관은 이러한 수학적 상관과 함께 성장특성의 상관 관계가 혼합되어 나타나게 된다고 한다(Morrow 등 1978). 본 연구에서 체중기록의 최종 입력시기별 자료에서 추정한 성장곡선 모수들의 상관에서는 성숙률과 성숙체중이 전체적으로 양의 상관을 보이는 것으로 추정되었다. 이는 조숙성이면서 성숙체중이 무거운 개체를 선발 개량하는 과정에서 나타나는 표현형적 성장특성에서 기인된 것으로 사료된다.

자료에서 추정된 성숙률과 성숙체중간의 상관은 같은 월령의 자료에서 추정된 모수들 간에 높은 상관 관계를 가지는 것으로 나타났으며, 체중기록의 최종 입력시기가 늦어질수록 즉 개체별 체중자료 기록수가 많아질수록 성숙률과 성숙체중 추정치간의 상관이 낮아지는 것으로 나타났다. 따라서 성숙체중과 성숙률에 관한 성장곡선 모수가 서로 영향을 적게 받

Table 6. Correlations¹⁾ among mature weights(A) and maturing rates(k) estimated at various months of age

	k14	k16	k18	k20	k22	k24
A14	0.80	0.64	0.59	0.56	0.57	0.57
A16	0.50	0.74	0.64	0.50	0.47	0.46
A18	0.28	0.52	0.62	0.42	0.36	0.35
A20	0.11	0.30	0.38	0.36	0.23	0.22
A22	0.00	0.19	0.25	0.19	0.12	0.10
A24	0.02	0.15	0.21	0.16	0.11	0.10

¹⁾ Correlation Coefficients are all significant(p<.05).

면서 정확히 추정되기 위해서는 체중기록의 최종 입력시기가 22개월령 이상이 되어야 바람직한 것으로 사료된다.

체중기록의 최종입력시기별 자료에서 추정한 성장곡선의 모수로서 성숙체중과 성숙률 추정치의 특성을 살펴본 결과, 성숙체중의 경우 22개월령 이상 그리고 성숙률의 경우 18개월령 이상의 자료를 이용하여 추정할 경우 비교적 안정된 추정치를 구할 수 있는 것으로 나타났다. 그리고 22개월령 이상의 자료를 이용할 경우 성장곡선 모수간의 상관성이 낮아지는 것으로 나타났다. 따라서 한우 수소의 체중에 관한 성장정보를 추정하기 위해서는 현행 한우 후대검정이 완료되는 시점인 22~24개월령 이상의 자료를 이용하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

IV. 요약

본 연구는 한우의 성장형태 분석을 위한 성장곡선 모수 추정시 이용하는 체중 측정자료의 최적 월령을 결정하기 위해 실시하였다. 분석에 이용한 자료는 농협 한우개량부에서 사육된 한우 수소 1,133두의 일령별 체중자료를 이용하였으며, 비선형 회귀모형인 Gompertz 모형으로 성장곡선을 추정하였다. 24개월까지 측정된 자료에 대해 14개월부터 2개월 단위로 최종 자료입력 시기를 분할한 6개의 측정종료 월령별 체중자료에 대해 추정한 성장곡선 모수 가운데 성숙체중(A)은 22개월령과 24개월령의 추정치

평균간 차이에 유의성이 없었으며, 성숙률(k) 추정치는 18~24개월령의 추정치 평균간 차이가 유의성이 없는 것으로 나타났다.(p<.05). 측정종료 월령별 성숙체중(A) 추정치간의 상관계수는 22개월령과 24개월령간에 0.93으로 가장 높게 나타났으며, 성숙률(k) 추정치간의 상관계수는 18~24개월령간에 0.91~0.99로 높게 나타났다(p<.05). 성숙체중과 성숙률 추정치간의 상관은 12개월령의 경우 0.84로 높게 추정되었으나, 22개월령과 24개월령의 경우 0.12 및 0.10으로 추정되어 체중자료의 최종입력 시기가 연장됨에 따라 추정 모수간의 상관성이 낮아지는 것으로 나타났다. 따라서 한우의 체중 성장 형태를 분석하기 위한 성장곡선 추정을 위한 자료의 최종 입력시기의 최적 월령은 22개월령 이상으로 사료된다.

V. 인용문헌

1. Brody, S. 1945. Bioenergetics and growth. Reinhold Pub. Crop., N.Y.
2. Brown, J. E., Brown, C. J. and Butts, W. T. 1972. A discussion of the genetic aspects of weight, mature weight and rate of maturing in Hereford and Angus cattle. J. Anim. Sci. 34:525.
3. Brown, J. E., Fitzhugh, Jr., H. A. and Cartwright, T. C. 1976. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationship in cattle. J. Anim. Sci. 42:810.
4. Draper, N. R. and Smith, H. 1981. "Nonlinear growth models" In : Applied regression analysis

- (2nd Ed.). John Wiley & Sons. New York. p. 505-513.
5. Joandet, G. E. 1967. Growth patterns and efficiency of TDN utilization in beef cattle. Ph.D. dissertation. Texas A&M University, College Station.
 6. Joandet, G. E. and Cartwright, T. C. 1969. Estimation of efficiency of beef production. J. Anim. Sci. 29:862.
 7. Morrow, R. E., McLaren, J. B. and Butts, W. T. 1978. Effect of age on estimates of bovine growth-curve parameters. J. Anim. Sci. 47(2):352-357.
 8. SAS. 1990. SAS/STAT User's guide. Vol. 2. SAS Institute Inc., Cary, NC., USA.
 9. Winsor, C. R. 1932. The Gompertz curve as a growth curve. Proc. Natl. Acad. Sci. 18:1.
 10. Fitzhugh, H. A. Jr., Cartwright, T. C. and Temple, R. S. 1967. Genetic and environmental factors affecting weight of beef cows. J. Anim. Sci. 26:991.
 11. 김내수, 주종철, 이득환. 1996. 한우의 체계분석을 위한 성장 곡선 모수의 추정. 한국축산학회지 38(2):119-124.
- (접수일자 : 2001. 11. 27 / 채택일자 : 2002. 3. 14)