

# 재래돼지와 랜드레이스 교잡종의 개체별 성장곡선 추정 및 육질형질과의 상관관계 추정에 관한 연구

조용민 · 최봉환 · 김태현 · 이지웅 · 이지의 · 오성종 · 정일정

농촌진흥청 축산연구소

## A Study on Estimation of Individual Growth Curve Parameters and their Relationships with Meat Quality Traits of Crossbred between Korean Native Boars and Landrace Sows

Y. M. Cho, B. H. Choi, J. T. H. Kim, W. Lee, J. E. Lee, S. J. Oh and I. C. Cheong

National Livestock Research Institute, RDA.

### ABSTRACT

This study was conducted to estimate the growth curve parameters of crossbreds between Korean native boars and Landrace sows and their relationships with meat qualities. The data used were weight-age data and carcass data from 131 males and 122 females raised at N.L.R.I in Korea. Growth curve parameters were estimated from nonlinear regression using Gompertz model individually. Average mature weight(A), average maturing rate(k), and average inflection point( $t_i$ ) showing maximum growth rate estimated were  $179.54 \pm 6.06$ kg,  $0.3154 \pm 0.0059$ , and  $5.50 \pm 0.11$  months in females, and  $179.84 \pm 6.33$ kg,  $0.3049 \pm 0.0061$ , and  $5.24 \pm 0.13$  months in males, respectively. For the growth curve parameters and derived statistics, the phenotypic correlations of maturing rate with gain rate at inflection, mature weight, and inflection point were  $-.30$ ,  $-.77$ , and  $-.93$  in male, and  $-.31$ ,  $-.78$  and  $-.94$  in female, respectively. Mature weight was positively correlated to the inflection point as  $+.89$  in both male and female, indicating that late maturing pigs with lower k had longer maturing period with increasing gain rate and reached point of inflection later than early maturing pigs with higher k, and grew to larger mature weight. Backfat thickness and crude fat contents were correlated with mature weight positively in male and negatively in female, and correlated with gain rate at inflection point positively in both male and female, of which coefficients were as high as  $.42$  and  $.50$  in male, respectively.

(Key words : Swine, Growth curve, Meat quality)

### I 서 론

돼지의 증체 형질은 적기 출하시기 결정 및 사양관리를 위한 경영 판단에 있어 중요한 관심이 되는 형질이다(Schinckel 등, 1996). 그러나 성장단계 전체에 대한 연속적인 측정은 사실상 불가능하므로 일정 시점의 측정 기간들 사이의 측정하지 않은 시기에 대한 내삽(interpolation)

이 가능하도록 대수적 함수에 의한 측정 모형을 적용하는 것이 바람직하다. 따라서 효과적으로 생애 전반에 걸친 성장 형태를 규명하기 위해서는 측정 시기별 다수의 자료에 근거하여 비선형 회귀 방법에 의한 성장 곡선 추정을 통해 추정된 몇 가지의 모수를 이용하여 성장에 관한 정보를 축약 시켜낼 수 있다(Brown 등, 1976). 그러나 한편으로 돈육의 품질에 관한 소

Corresponding author : Y. M. Cho, National Livestock Research Institute, Omockchun-dong Suwon 441-706, Korea. E-mail : variance@rda.go.kr

비자의 관심 증대와 기호도 변화에 대응하기 위해서는 증체 형질에 대한 일방적인 고려만으로 개체를 선발할 수 없는 상황이다. 따라서 성장 형태의 전반에 관한 정보의 추출과 함께 성장 특성에 따른 육질과의 상관 관계를 규명함으로써 바람직한 성장형태와 양호한 육질을 가지는 개체를 선발할 수 있을 것이다. 이와 관련한 가축의 성장모형에 대해 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 성장곡선과 도체형질간의 상관관계에 대한 연구를 통해 유의한 결과가 보고된 바 있다(조, 2000). 그러나 돼지의 경우 국외 연구의 주된 방향은 사양 실험에 의한 단백질 또는 지방의 침착과 같은 체조성에 대한 성장 곡선 추정이었으며(Koops와 Crossman, 1991; Kastelic과 Salehar, 1993) 생애 전반의 성장 특성과 경제 형질간의 관련성에 대한 연구는 국내외적으로 미약한 실정이다.

따라서 본 연구는 돼지의 일령별 체중자료를 이용한 개체별 체중 성장곡선 추정을 통해 성장 특성을 조사하고 육질 형질과의 상관 관계 추정을 통해 돼지의 생애 전반에 걸친 성장 형태와 관련하여 최종적으로 도축시 발견되는 육질 형질들의 경향을 규명하고자 실시하였다.

## II 재료 및 방법

본 연구에 이용한 자료는 축산연구소의 순종 재래돼지 5두와 랜드레이스 9두로부터 생산한 F1 세대의 수컷 1두와 암컷 2두 이상을 전형매 교배하여 얻은 F2, 253두(수컷 131두, 암컷 122두)를 대상으로 측정한 것이며 일령별 체중기록(생시, 3, 5, 12 및 30주령)과 30주령에서 도

축시 측정한 육질 형질로서 등지방 두께, 등심 부위의 조지방 함량, 지방율 및 전단력을 분석에 이용하였다.

비선형 회귀식에 의한 체중의 성장곡선 함수의 추정은 SAS@8.1 Package/PC(SAS, 1990)의 비선형 회귀 분석 절차인 PROC NLIN을 이용하였으며, 편도 함수의 지정이 필요하지 않은 탐색 기법인 DUD(Doesn't Use Derivative) 방법을 사용하였다. 체중 성장곡선 추정을 위해 이용되는 모형으로는 Gompertz 모형(Winsor, 1932), Brody 모형(Brody, 1945), Logistic 모형(Nelder, 1961), von Bertalanffy 모형(von Bertalanffy, 1957) 및 Richards 모형(Richards, 1959) 등이 있다. 이 가운데 Brody 모형의 경우 일반적인 성장형태인 Sigmoid형 곡선에서 변곡점 기준의 전후단계로 나누어 단조 증가함수와 단조 감소함수로 구분하여 적용하는 번거로움이 있으며, von Bertalanffy 모형과 Logistic 모형의 경우 초기 및 성숙체중에 대해 각각 상향 및 하향 추정되는 단점이 있다(Brown, 1976). Richards 모형은 추가의 모수 설정으로 곡선의 유연성이 보장되는 장점을 가지는 반면 모수간의 높은 상관관계로 인해 실제 계산시 추정치의 수렴이 곤란한 단점을 가진다. 따라서 본 연구에서는 회귀 모수의 추정이 용이하기 때문에 가축의 성장곡선 추정에 널리 사용되는 Gompertz 모형을 적용하여 개체별 성장곡선을 추정하였다. 실제 분석에 이용된 일령별 체중자료는 월령으로 변환시켜서 모수 추정을 위한 반복 계산 시간을 단축하였다.

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

여기서  $W_t$ 는 체중측정 월령인  $t$ 월령에서 체중,

$A$ 는 성장시기가 무한대인 시점( $t=\infty$ )에서의 성장 곡선의 점근 상한계(upper asymptote) 혹은 성숙 체중(mature weight)을 의미하며,  $b$ 는 성장 비율 모수(생시 체중에 대한 성숙 체중의 비율)이다. 그리고  $k$ 는 성숙률(rate of maturing)에 관한 모수이며  $e$ 는 지수(exponential)이다. 개체별로 추정된 성장곡선 모수를 이용하여 성장특성에 관한 형질을 유도하였는데, 변곡점( $t$ )은 성

성장곡선의 기울기가 최대가 되는 월령으로, 즉 성장곡선 추정에 이용한 Gompertz 곡선의  $t$ 에 대한 이차 미분 함수가 0이 되는 지점으로 계산하였다. 그리고 변곡점에서의 체중 ( $W_{t_i}$ 과 변곡점에서의 증체 속도인 최대 증체율( $\partial W_{t_i}/\partial t$ )을 계산하였다.

이와 같이 추정된 개체별 성장곡선 모수와 성장 특성치들간의 상관 관계를 암수 구분하여 성별로 추정하고 다시 육질형질로서 도축시 개체별로 측정된 등지방 두께, 조지방 함량, 지방율 및 전단력과 성장곡선 모수간의 표현형 상관 관계를 추정하였다.

### III 결과 및 고찰

Gompertz 모형을 이용하여 개체별로 추정된 성장곡선의 각 모수 추정치와 이를 이용하여 유도한 성장 특성치들에 대한 성별 일반능력 평균을 Table 1에 표시하였다. 성숙 체중(A)의 경우 수컷과 암컷에서 각각  $179.54 \pm 6.06\text{kg}$  및  $179.84 \pm 6.33\text{kg}$ 으로 추정되었는데 이는 조 등(2001)이 재래돼지 암수에 대해 각각  $119.69 \pm 2.63\text{kg}$  및  $131.03 \pm 3.81\text{kg}$ 으로 보고한 것에 비해 높았으나 랜드레이스 암수에 대해 보고한  $176.17 \pm 4.17\text{kg}$  및  $201.97 \pm 6.82\text{kg}$ 에 비교하면 암컷은 높았고 수컷은 낮은 값이었다. 그리고 이(2001)가 듀록, 랜드레이스 및 요크셔 품종 전체에 대해 암수 각각 동일한 Gompertz 모형으로 추정된 결과인  $171.9 \pm 3.70\text{kg}$  및  $172.3 \pm 3.99\text{kg}$ 에 비해 높은 값으로 추정되었다.

성장곡선의 접선 기울기가 최대가 되는 지점으로 최대 성장률을 보이는 월령에 해당하는 변곡점( $t_i$ )은 수컷과 암컷 각각  $5.05 \pm 0.11$  및  $5.24 \pm 0.13$ 개월령으로 추정되어 수컷이 약간 빠르게 나타났는데 이는 조 등(2001)이 재래돼지와 랜드레이스 암수별로 추정한  $4.31 \sim 4.86$ 개월령에 비해 다소 늦은 시기로 추정되었다. 변곡점에서의 증체율은 수컷의 경우  $19.516 \pm 0.344\text{kg/month}$ 으로 암컷의  $18.830 \pm 0.322\text{kg/month}$  보다 약간 높은 것으로 추정되었는데 이는 조 등(2001)이 추정한 재래돼지 암수에 대한  $14.019 \pm 0.231$  및  $14.624 \pm 0.182\text{kg/month}$ 에 비해 높았으나 랜드레이스 암수에 대해 보고한  $23.501 \pm 0.273$  및  $25.612 \pm 0.359\text{kg/month}$ 에 비해 다소 낮은 값으로 나타났다.

개체별로 추정된 성장곡선 모수와 이를 이용하여 유도한 성장 특성치들 사이의 상관 관계를 암수별로 Table 2에 표시하였다. 성숙 체중(A)과 성숙률(k), 변곡점( $t_i$ ) 및 최대증체율( $\partial W_{t_i}/\partial t$ )간의 표현형 상관은 수컷의 경우  $-0.77$ ,  $+0.89$  및  $+0.80$  그리고 암컷의 경우  $-0.78$ ,  $+0.89$  및  $+0.80$ 으로 추정되어 성숙 체중은 성숙률과 부의 상관관계를 가지는 것으로 나타나서 k값이 높은 조숙성의 개체일수록 성숙 체중이 작아지는 것을 의미하며, 변곡점 및 최대 증체율은 성숙 체중과 정의 상관 관계를 가지는 것으로 나타났는데 이는 증체 속도가 최대가 되는 지점이 늦을수록 그리고 증체율이 클수록 성숙 체중이 무거운 경향을 가지는 것이다.

변곡점과 최대 증체율간의 상관 관계는 수컷과 암컷에서 각각  $+0.47$  및  $+0.48$ 로 추정되었으며 성숙률과 변곡점 및 최대 증체율과의 상관

Table 1. Means and their standard errors for growth curve parameters using Gompertz model from the individual weight-age data<sup>1)</sup>

Sex	A	b	k	$W_{t_i}$	$t_i$	$\partial W_{t_i}/\partial t$
Male	$179.54 \pm 6.06$	$4.5511 \pm 0.0346$	$0.3154 \pm 0.0059$	$69.30 \pm 2.34$	$5.05 \pm 0.11$	$19.516 \pm 0.344$
Female	$179.84 \pm 6.33$	$4.5366 \pm 0.0338$	$0.3049 \pm 0.0061$	$69.42 \pm 2.44$	$5.24 \pm 0.13$	$18.830 \pm 0.322$

<sup>1)</sup> A, b and k are fitted parameters for mature weight, growth ratio and maturing rate, respectively;  $W_{t_i}$  is weight at inflection;  $t_i$  is age of month at point of inflection;  $\partial W_{t_i}/\partial t$  is maximum rate of growth gain(kg/month), which means the slope of curve at inflection.

은 수컷과 암컷에서 각각 -.93 및 -.30 그리고 -.94 및 -.31로 추정되어 만숙성인 개체일수록 지속적인 성장률의 증가로 인해 변곡점이 간의 상관 관계는 수컷의 경우 각각 +.09 및 +.18 그리고 암컷의 경우 -.15 및 -.04로 추정되어 성별로 상반되는 결과가 나타났는데 성의

Table 2. Phenotypic correlations among growth parameters from Gompertz model fitted to F2 data<sup>1,2)</sup>

	<i>A</i>	<i>b</i>	<i>k</i>	<i>k/A</i>	1/ <i>k</i>	<i>t<sub>I</sub></i>	$\partial W_t/\partial t$
<i>A</i>		.52	-.77	-.84	.84	.89	.80
<i>b</i>	.61		-.24	-.34	.30	.50	.56
<i>k</i>	-.78	-.40		.92	-.97	-.93	-.30
<i>k/A</i>	-.82	-.47	.94		-.88	-.87	-.57
1/ <i>k</i>	.85	.45	-.97	-.89		.98	.37
<i>t<sub>I</sub></i>	.89	.61	-.94	-.88	.98		.47
$\partial W_t/\partial t$	.80	.56	-.31	-.53	.39	.48	

<sup>1)</sup> Upper and lower diagonal are coefficients for F2 male and female, respectively. Correlation coefficients are all significant at 5% level of significance.

<sup>2)</sup> *A*, *b*, and *k* are fitted parameters. *t<sub>I</sub>* is age at point of inflection;  $\partial W_t/\partial t$  is rate of gain at inflection.

나타나는 월령이 늦어지며 그 지점에서의 최대증체율이 더욱 큰 값을 가지는 것으로 해석할 수 있다. 이는 조 등(2001)이 보고한 결과와 비교하여 성숙률과 최대 증체율간의 정의 상관을 제외하고 대부분 일치하는 결과였다.

Table 3에는 성장곡선 모수와 육질형질 측정치들간의 상관 계수에 대해 성별로 표시하였다. 성숙 체중과 등지방 두께 및 조지방 함량

효과 및 기타 환경적인 요인 효과에서 기인된 것으로 추측되며 이러한 효과추정을 위한 추가적인 분석이 필요할 것으로 사료된다. 또한 본 연구의 수컷에서 나타난 정의 상관관계와 비교하여 Kastelic과 Salehar(1993)가 보고한 돼지의 성숙체중과 체지방율간의 부의 상관관계는 반대의 경향을 나타낸 것이지만 실험계획에 의한 단계별 사양을 배경으로 한 결과이므로 직접적인 비교는 다소 곤란한 것으로

Table 3. Phenotypic correlations among carcass traits and growth parameters from Gompertz model fitted to F2 data<sup>1)</sup>

	Male				Female			
	BF	CF	FP	SF <sup>2)</sup>	BF	CF	FP	SF
<i>A</i>	.09	.18	.07	-.20	-.15	-.04	.07	.05
<i>b</i>	.07	.10	.13	-.19	-.11	-.04	.14	.01
<i>k</i>	.11	.05	-.10	.15	.34	.24	-.01	-.11
<i>t<sub>I</sub></i>	-.13	.07	.08	-.17	-.35	-.25	.02	.08
$\partial W_t/\partial t$	.42	.50	.09	-.23	.21	.32	.14	.02

<sup>1)</sup> Upper and lower diagonal are coefficients for F2 male and female, respectively.

<sup>2)</sup> BF: Backfat thickness, CF: Crude fat content, FP: Fat percentage, SF: Shear force.

사료된다.

전단력의 경우 성장 특성치들과 상관 관계에서 암수가 정반대의 상관을 보였으며 암컷이 수컷에 비해 상관정도가 낮은 것으로 나타났다. 성숙률과 등지방 두께 및 조지방 함량간의 상관 관계는 수컷과 암컷에서 각각 +.11 및 +.05 그리고 +.34 및 +.24로 추정되어 동일한 방향의 상관을 보여  $k$ 값이 높은 조숙성일수록 등지방 두께와 조지방 함량이 높아지는 것으로 나타났다. 변곡점에서의 최대 증체율과 등지방 두께 및 조지방 함량과의 상관은 수컷과 암컷에서 각각 +.42 및 +.50 그리고 +.21 및 +.32로 추정되어 다른 성장 특성치에 비해 비교적 높은 상관 정도를 보였는데 최대 증체율이 큰 개체일수록 등지방 두께와 조지방 함량이 높아지는 것으로 해석할 수 있으며 이는 Kastelic 과 Salehar (1993)이 돼지에 대해 다단계 성장 함수를 적용한 연구에서 증체율과 등지방 두께간에 정의 상관관계를 보고한 것과 일치하는 결과이다.

#### IV 요약

본 연구는 돼지의 일령별 체중자료를 이용한 개체별 체중 성장곡선 추정을 통해 성장 특성을 조사하고 육질 형질과의 상관 관계를 규명하고자 실시하였다. 축산연구소의 재래돼지와 랜드레이스를 기초축으로 조성한 F2집단 253두를 대상으로 일령별 체중기록과 육질 형질을 측정하여 개체별 성장곡선 모수와 성장 특성치를 추정하고 등지방 두께, 조지방 함량, 지방율 및 전단력과 성장곡선 모수간의 표현형 상관 관계를 추정하였다. 대부분의 성장 특성치들은 기존 연구에서 제시된 재래돼지와 랜드레이스 순종의 중간정도 능력을 나타내었으며, 상관 관계의 추정 결과 조숙성의 개체일수록 성숙 체중이 작았으며 만숙성인 개체일수록 지속적인 성장률의 증가로 인해 변곡점이 나타나는 일령이 늦어지며 최대 증체율이 커지는 것으로 나타났다. 성장곡선 모수와 육질형질 측정치들간의 상관 관계는 암수간에 일부에서 다소 상반되는 방향으로 추정되었으며 특히 전단력의

경우 모든 성장 특성치들과의 관계가 반대로 추정되었다. 최대 증체율과 등지방 두께 및 조지방 함량과의 상관은 비교적 높은 정의 상관 정도를 보여 최대 증체율이 클수록 등지방 두께와 조지방 함량이 높아지는 것으로 나타났다.

#### V 사 사

본 연구는 1998년부터 2003년까지 농림부의 첨단기술개발사업 연구로 수행된 연구결과의 일부이며 연구비 지원에 감사드립니다.

#### VI 인용 문헌

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. Joandet, G. E. 1967. Growth patterns and efficiency of TDN utilization in beef cattle. Ph.D. dissertation. Texas A & M University, College Station.
5. Joandet, G. E. and Cartwright, T. C. 1969. Estimation of efficiency of beef production. J. Anim. Sci. 29:862.
6. Kastelic, M. and Salehar, A. 1993. Growth rate and body composition.
7. Kooops, W. J. and Crossman, M. 1991. Applications of a multiphasic growth function to body composition in pigs. J. Anim. Sci. 69(8):3265-3273.
8. Nelder, J. A. 1961. The fitting of generalization of the logistic curve. Biometrics 19:89.
9. Richards, E. J. 1959. A flexible growth function for empirical use. J. Exp. Bot. 10:290.
10. SAS. 1990. SAS/STAT User's guide vol. 2. SAS institute Inc., Cary, NC., USA.
11. Schinckel, A. P. and de Lange, C. F. M. 1996. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. J. Anim. Sci. 74:

- 2021-2036.
12. von Bertalanffy, L. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. *Quart. Rev. Biol.* 32:217.
  13. Winsor, C. R. 1932. The Gompertz curve as a growth curve. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 18:1
  14. 이일주. 2001. 돼지의 검정 종료 체중과 측정 모드에 따른 경제 형질의 유전 모수 및 성장 곡선 모수의 추정. 서울대학교 박사학위논문.
  15. 조용민. 2000. 한우의 성장곡선모수 추정 및 경제형질과의 상관관계에 관한 연구. 서울대학교. 박사학위논문.
  16. 조용민, 윤호백, 이영창, 서강석, 김시동, 박영일. 2001. 개체별 성장곡선 모수를 이용한 재래돼지와 랜드레이스종의 성장 특성에 관한 연구. *동물자원과학회지* 43(6):817-822. (접수일자 : 2004. 2. 19. / 채택일자 : 2004. 7. 29.)