

분만년도, 계절 및 산차가 한우의 비유곡선에 미치는 영향

황정미* · 최재관** · 전기준** · 나기준** · 여인서* · 양부근* · 이채영*** · 김종복*
강원대학교 동물자원과학대학 동물자원학부*, 농촌진흥청 축산기술연구소**,
한림대학교 환경생명과학연구소***

Influences of Calving Year, Calving Season and Parity on the Lactation Curve of Korean Cattle

J. M. Hwang*, J. K. Choi**, K. J. Jeon**, K. J. Na**, I. S. Yuh*, B. K. Yang*,
C. Lee*** and J. B. Kim*.

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

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of environmental factor on milk yield and to estimate lactation curve in Korean cattle. The data for milk yields were collected from 118 cows from 1997 to 2000 at National Livestock Research Institute in Daekwanryoung, Kangwon-do. Average daily milk yields for 1st, 2nd, 3rd and 4th month after calving were 3.74kg, 3.64kg, 3.26kg and 2.99kg. Average daily milk yield for the four months was 3.52kg. The milk yields for cows calved in spring were larger than those calved in fall. Lactation curve of Korean cattle was $y_m = 2.4845n^{0.1734}e^{-0.0060n}$. Peak milk yield was 3.75kg on 29.03 day after calving. The peak milk yields for multi-parous cows were larger than those of primiparous cows. The peak milk yields for multi-parous cows reached later than those for primiparous cows. The cows calved in spring had higher and earlier peak milk yields than those calved in fall had.

(Key words : Milk yield, Lactation curve, Korean cattle)

I. 서 론

어미소의 산유량에 따라 큰 영향을 받는 송아지의 이유시 체중은 시장에서 송아지의 거래 가격을 결정하는 요인이 될 뿐만 아니라 비육

출하시 까지의 일당증체량과 높은 정의 상관관계를 갖고 있어(최, 2001) 경제적으로 매우 중요하다.

한우의 신체적 또는 심리적 특성상 어미소로부터 산유량을 직접 조사하는 것이 매우 어려

Corresponding author : J. B. Kim, Division of Animal Resources Science, College of Animal Resources Science, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.
Tel : 033-250-8624 E-mail : jbkim@cc.kangwon.ac.kr

운 실정인 바 한우의 산유특성에 대한 연구는 매우 제한적인 것이 현실이기는 하지만 앞으로 한우 송아지의 이유시 체중을 지속적으로 개량하기 위해서는 선행적으로 어미소의 산유능력이 향상되어야 하며, 이를 위해서는 어미소의 산유량을 용이하고 정확하게 측정하는 방법의 개발과 함께 어미소의 산유량에 영향을 미치는 환경요인의 효과규명, 비유곡선식의 추정 그리고 산유특성과 관련된 제반 부속 형질들에 대한 유전모수추정 등이 이루어져야만 한다.

본 연구는 이러한 목적의 일환으로 한우 암소의 산유량에 미치는 환경요인의 효과를 규명하고 한우의 비유곡선 유형을 분만년도, 계절 및 산차별로 추정하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료

본 연구는 축산기술연구소 대관령지소에서 사육한 1997년부터 2000년까지의 한우 암소 118두로부터 조사된 자료를 이용하여 분석하였다.

2. 사양관리

본 연구에 사용된 한우 암소의 분만은 인공수정시기를 조절하여 3~5월과 7~9월에 집중적으로 이루어졌다.

암소의 일반적인 사양관리를 보면 동절기(10월~익년도 4월)에는 우사에 수용하여 옥수수 사일리지 및 시판중인 배합사료를 급여하였으며 하절기(5월~9월)에는 방목을 위주로 하되 필요시 적정량의 시판 배합사료를 보충급여 하였다. 그리고 송아지의 사양관리를 보면 어미소와 함께 사육하면서 생후 15일령부터 건초와 보조사료인 인공유를 자유 채식시켰으며 4개월령을 전후로 이유를 실시하였다.

3. 산유량 조사

산유량 조사는 분만 후 2(1회), 4(2회), 6(3회), 8(4회), 10(5회), 12(6회), 14(7회) 및 16주(8회)경에 총 8회에 걸쳐 실시하였는데 1회(분만 후 약 2주경), 3회(분만 후 약 6주경), 5회(분만 후 약 10주경) 및 7회(분만 후 약 14주경)차 산유량 조사때는 좌측 유두 2개를 송아지가 포유토록 하고 우측유두 2개에 대해서 착유기를 이용하여 착유를 하였으며, 2회(분만 후 약 4주경), 4회(분만 후 약 8주경), 6회(분만 후 약 12주경) 및 8회(분만 후 약 16주경)차 산유량 조사때에는 우측 유두 2개를 송아지가 포유토록 하고 좌측 유두 2개에 대해서 착유기를 이용하여 착유를 하였다.

4. 자료의 구조

한우 암소 118두에 대한 분만년도, 분만계절 및 산차별 자료의 분포는 Table 1에 표시하였다.

Table 1. Number of animals for milk yields by parity, calving year and calving season

| Item | No. of animals | |
|--------------|------------------------------|--------|
| Calving year | 1997 | 29 |
| | 1998 | 20 |
| | 1999 | 33 |
| | 2000 | 36 |
| Parity | 1 | 29 |
| | 2 | 38 |
| | 3 | 33 |
| | ≥ 4 | 18 |
| | Calving season ¹⁾ | Spring |
| Fall | | 65 |
| Total | 118 | |

¹⁾ Calving season : Spring = March~May, Fall = July~September.

분만년도별 조사두수를 보면 1998년에 20두로 가장 적었으며 2000년도에 36두로 가장 많았다. 산차별 조사두수는 2산차가 38두로 다른 산차에 비해 많았으며, 분만계절별로는 봄철(3월~5월) 분만우가 53두, 가을철(7월~9월) 분만우가 65두로 가을철 분만우가 봄철 분만우보다 많았다.

5. 통계분석

(1) 일일 평균 산유량에 영향을 미치는 분만년도, 계절 및 산차 효과

산유량에 영향을 미치는 고정효과에 대한 유의성 검증은 다음과 같은 선형모형을 적용하여 실시하였다.

$$Y_{ijkl} = \mu + y_i + cs_j + p_k + e_{ijkl}$$

여기서,

Y_{ijkl} = i 번째 분만년도의 j 번째 분만계절의 k 번째 산차에 속한 l 번째 개체의 효과

μ = 전체평균

y_i = i 번째 분만년도의 효과 ($i=1, 2, 3, 4$)

cs_j = j 번째 분만계절의 효과($j=1, 2$)

p_k = k 번째 산차의 효과($k=1, 2, 3, 4$)

e_{ijkl} = 임의오차

(2) 분만년도, 계절 및 산차별 비유곡선식의 추정

비선형 회귀식인 Wood의 불완전 gamma 곡선 모형에 의한 비유 곡선 함수의 추정은 SAS @8.01 package/PC의 비선형 회귀분석 절차인 PROC NLIN을 이용하였으며, 편도 함수의 지정이 필요하지 않은 탐색 기법인 다변량정확반복법(multivariate secant iterative method)으로 DUD(Doesn't Use Derivative) 방법을 사용하였다.

Wood(1967)의 비유곡선모형은 다음과 같다.

$$Y_n = An^b e^{-cn}$$

여기서,

Y_n = 분만 후 n 번째일 산유량

n = n 번째 시간(일)

A, b, c = 비유곡선을 결정하는 매개상수들

A : 분만직후 첫 유량

b : 비유곡선의 상향경사도를 표시하는 상수.

c : 비유곡선의 하향경사도를 표시하는 상수.

e = 자연로그(natural log)

최고 유량 도달 시기 (n_{max}), 최고 추정 유량 (Y_{max}), 비유지속성(s) 은 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$n_{max} = b/c$$

$$Y_{max} = a(b/c)^b e^{-b}$$

$$s = -(b+1) \log_e c$$

III. 결과 및 고찰

1. 일일 평균 산유량

기계 착유 방법으로 조사한 암소들의 월별 일일 평균 산유량 및 분만 후 4개월간의 일일 평균 산유량에 대한 전체자료의 단순평균치 및 표준편차가 Table 2에 표시되어 있다.

송아지나 어미소의 질병 등으로 인해 매 월별 산유량 조사두수는 차이가 있었는데 분만 1개월 후 산유량 조사가 된 암소 두수는 98두였으며 분만 후 2개월에는 103두, 분만 후 3개월에는 87두 그리고 분만 후 4개월에는 79두의 암소로부터 산유량 조사가 이루어 졌으며, 이들로부터 조사된 분만 후 경과 월별 일일 평균 산유량은 분만 후 1개월이 3.74kg으로 제일 많았고 그 후로 점진적으로 감소하여 분만 후 4개월에서는 일일평균 산유량이 2.99kg으로 낮아졌다.

Table 2. Means and standard deviations(SD) of average daily milk yields of each month after calving

| Item | 1st month | 2nd month | 3rd month | 4th month | Average ¹⁾ |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| No. of records | 98 | 103 | 87 | 79 | 61 |
| Mean (kg) | 3.74 | 3.64 | 3.26 | 2.99 | 3.52 |
| SD (kg) | 0.96 | 0.97 | 1.15 | 1.08 | 0.84 |
| Min (kg) | 1.20 | 1.85 | 0.50 | 0.85 | 2.09 |
| Max (kg) | 6.15 | 5.95 | 6.20 | 5.45 | 5.19 |

¹⁾ Average : average daily milk yield from calving to 4th month.

분만 후 1, 2, 3 및 4개월간 유량조사가 모두 가능했던 암소 두수는 61두였으며 이들 61두의 암소로부터 조사한 분만 후 4개월간의 일일 평균 산유량은 3.52kg이었다.

본 연구에서 조사된 4개월간의 일일 평균 산유량 3.52kg은 최(2001)가 보고한 분만 후 4개월간의 일일 평균 산유량 4.96kg 보다 낮은 편이었는데 최(2001)의 경우 1994년부터 2000년도까지 조사한 분석대상자료 중에서 1994년부터 1996년까지는 oxytocin을 투여한 후 조사한 성적이 포함되어 있었다.

2. 일일 평균 산유량에 대한 분만년도, 계절 및 산차의 효과

Table 3에는 월별 일일 산유량 및 분만 후 4개월간의 일일 평균 산유량에 영향을 미치는

분만년도, 산차 및 분만계절의 효과를 알아보기 위해 실시한 분산분석결과가 표시되어 있다.

본 연구의 결과를 보면 분만년도는 송아지 분만 후 첫 1개월경의 일일 산유량에 대해 고도의 유의성이 인정되었으나($P<0.01$), 이 후 4개월까지의 월별 일일 산유량과 4개월간의 일일 평균 산유량에 대해서는 유의성은 인정되지 않았다 ($P>0.05$). 산차의 경우는 분만 후 첫 1개월경의 일일 산유량을 제외한 이 후 4개월까지의 월별 일일 산유량과 4개월간 일일 평균 산유량에 대해 고도의 유의성이 인정되었으며($P<0.01$). 분만계절의 경우 분만 후 2개월경의 일일 산유량과 분만 후 4개월간의 일일 평균 산유량에 대해 유의성이 인정되지 않았으나 분만 후 1개월, 3개월 및 4개월경의 일일 평균 산유량에는 고도의 유의성이 인정되었다($P<0.01$). 본 연구에서 얻어진 이러한 결과는 정

Table 3. Analysis of variance for average daily milk yields of each month after calving by calving year, parity and calving season

| Item | 1st month | | 2nd month | | 3rd month | | 4th month | | Average | |
|----------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|---------|---------|--------|
| | df | MS | df | MS | df | MS | df | MS | df | MS |
| Calving year | 3 | 2.43** | 3 | 0.75 | 3 | 1.82 | 3 | 0.57 | 3 | 0.71 |
| parity | 3 | 0.99 | 3 | 5.36** | 3 | 5.03** | 3 | 4.92** | 3 | 3.40** |
| Calving season | 1 | 3.08** | 1 | 2.73 | 1 | 14.64** | 1 | 10.72** | 1 | 1.15 |
| Error | 90 | 0.78 | 95 | 0.76 | 79 | 1.08 | 71 | 0.92 | 53 | 0.72 |

* $p<0.05$, ** $p<0.01$.

(1995)의 연도, 산차 및 분만계절이 영향을 미치지 않았다는 보고와는 차이를 보였으며, 분만계절이 산유량에 영향을 준다는 최(2001)의 보고와는 일치하였다.

월별 일일 평균 산유량 및 4개월간 일일 평균 산유량에 대한 분만년도, 계절 및 산차별의 최소자승평균치가 Table 4에 표시되어 있다. 대체로 분만 후 1개월 일일 평균 산유량은 분만년도가 경과할수록 감소하는 경향을 보였으나 분만 후 2, 3 및 4개월 일일 평균 산유량은 분만년도간에 통계적인 유의차가 없었고 분만 후 4개월간의 일일 평균 산유량도 통계적인 유의성이 없었으나 1997년에 $3.90 \pm 0.31\text{kg}$ 으로 가장 많고 1998년에 $3.23 \pm 0.17\text{kg}$ 으로 가장 적은 경향을 보였다.

분만 후 1개월, 2개월, 3개월, 4개월의 각 일일 평균 산유량 및 4개월간의 일일 평균 산유량은 3산차에서 각각 $4.03 \pm 0.17\text{kg}$, $4.21 \pm 0.16\text{kg}$, $3.79 \pm 0.21\text{kg}$, $3.47 \pm 0.19\text{kg}$ 및 $4.12 \pm$

0.17kg 으로 타산차와 비교하여 가장 높게 나타났고 1산차에서 각각 $3.55 \pm 0.19\text{kg}$, $3.12 \pm 0.19\text{kg}$, $2.65 \pm 0.24\text{kg}$, $2.26 \pm 0.23\text{kg}$ 및 $3.07 \pm 0.20\text{kg}$ 으로 가장 낮게 나타나서 대체로 초산우보다는 2산차 이상의 경산우들에서 산유량이 많아지는 경향을 보였는데, 이러한 결과는 Jeffery 등(1971), Keller(1980), Buston 등(1984) 및 정 등(1996)이 보고한 것과 일치하는 경향이었다. 한편 본 연구에서는 봄철 분만우가 가을철 분만우보다는 산유량이 많은 경향을 보이고 있다. 한우에서 봄철 분만우의 산유량이 가을철 분만우의 산유량보다 많은 것은 최(2001)의 보고에서도 확인할 수 있었는데, 최(2001)는 봄철 분만우들이 가을철 분만우들에 비해 산유량이 많은 이유로 봄철 분만우의 경우 분만 후 일조시간이 점점 길어지는 반면 가을철 분만우는 분만 후부터 일조시간이 점점 짧아진다는 점 그리고 봄철 분만은 3~5월에 집중된 관계로 분만 후 충분한 양의 청초를 공급받을 수

Table 4. Least squares means and standard error of average daily milk yields of each month after calving by calving years, parity and calving season

| (unit : kg) | | | | | |
|------------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Item | 1st month | 2nd month | 3rd month | 4th month | Average ¹⁾ |
| Year | | | | | |
| 1997 | 4.23 ± 0.25^a | 3.84 ± 0.20 | 3.20 ± 0.28 | 2.72 ± 0.23 | 3.90 ± 0.31 |
| 1998 | 3.56 ± 0.21^{bc} | 3.37 ± 0.20 | 2.82 ± 0.24 | 3.00 ± 0.23 | 3.23 ± 0.17 |
| 1999 | 3.96 ± 0.17^{ab} | 3.69 ± 0.17 | 3.26 ± 0.23 | 2.92 ± 0.21 | 3.53 ± 0.18 |
| 2000 | 3.46 ± 0.16^c | 3.58 ± 0.16 | 3.56 ± 0.20 | 3.17 ± 0.24 | 3.52 ± 0.19 |
| Parity | | | | | |
| 1 | 3.55 ± 0.19 | 3.12 ± 0.19^b | 2.65 ± 0.24^b | 2.26 ± 0.23^b | 3.07 ± 0.20^b |
| 2 | 3.84 ± 0.17 | 3.51 ± 0.16^b | 3.25 ± 0.22^{ab} | 3.10 ± 0.21^a | 3.45 ± 0.20^b |
| 3 | 4.03 ± 0.17 | 4.21 ± 0.16^a | 3.79 ± 0.21^a | 3.47 ± 0.19^a | 4.12 ± 0.17^a |
| ≥4 | 3.79 ± 0.23 | 3.64 ± 0.22^b | 3.15 ± 0.28^{ab} | 2.99 ± 0.30^{ab} | 3.53 ± 0.26^{ab} |
| Calving season²⁾ | | | | | |
| Spring | 3.99 ± 0.13^a | 3.79 ± 0.13 | 3.63 ± 0.16^a | 3.34 ± 0.15^a | 3.69 ± 0.12 |
| Fall | 3.62 ± 0.14^b | 3.45 ± 0.13 | 2.78 ± 0.17^b | 2.57 ± 0.17^b | 3.40 ± 0.17 |

Means in the same column with different superscripts differ significantly($p < 0.05$).

¹⁾ Average : average daily milk yield from calving to 4th month.

²⁾ Calving season : Spring = March ~ May, Fall = July ~ September.

있으나 가을철 분만은 7~9월에 집중된 관계로 분만시 더위에 의한 스트레스가 봄철 분만우에 비해 크고 분만 후 청초보다 저장조사료에 의해 사육되는 기간이 길다는 점을 들고 있다.

3. 비유곡선

산유량 기록에 대하여 Wood의 불완전 gamma 곡선 모형으로 추정한 상수 추정치, 비유지속성, 최고 유량 도달시기, 최고 추정 유량과 결정계수를 Table 5에, 전체자료의 비유곡선을 Fig. 1에, 분만년도별 비유곡선을 Fig. 2에, 산차별 비유곡선을 Fig. 3에 그리고 분만계절별 비유곡선을 Fig. 4에 표시하였다. 비유곡선에서 총 산유량에 대한 상수 추정치를 보면 A=2.4845, b=0.1734, c=0.0060이었고, 결정계수는 0.89로 높았고 비유지속성은 6.01이었다. 최고 추정 유량을 보면 3.75kg이었고 최고 유량 도

달시기는 29.03일이었다.

정(1995)이 보고한 추정치는 A=3.6077, b=0.1323, c=0.0073이었고, 임과 유(1983)가 보고한 추정치는 A=2.4241, b=0.4112, c=0.0836으로서 본 연구 결과와 비교해볼 때 비유개시시 산유량(A)에 있어 정(1995)은 차이가 있었으나 임과 유(1983)와는 차이가 없었다. 그러나 상향경사도(b)와 하향경사도(c)에서는 차이가 있었다. 또한 정(1995)이 보고한 결정계수는 0.55로 비교적 낮은 반면 본 연구에서는 결정계수가 높게 나왔다. 최고 추정 유량을 보면 정(1995)은 4.74kg이었고 임과 유(1983)는 3.09kg이었다고 보고하여 본 결과와 비교해 볼 때 임과 유(1983)가 보고한 3.09kg 보다는 높았으나 정(1995)이 보고한 4.74kg 보다는 낮은 성적이었으며 본 연구에서 추정한 최고 유량 도달시기 29.03일은 정(1995)의 18.21일보다 늦었고 임과 유(1983)의 34일 보다는 빠른 성적이었다.

Table 5. Constants of Gamma-type function of lactation curve of Korean cattle by calving year, parity and calving season

| | A | b | c | s | Peak yield (kg/day) | Peak day (day) | R ² |
|------------------------------|--------|---------|--------|------|---------------------|----------------|----------------|
| Overall mean | 2.4845 | 0.1734 | 0.0060 | 6.01 | 3.75 | 29.03 | 0.89 |
| Year | | | | | | | |
| 1997 | 2.6619 | 0.2065 | 0.0082 | 5.79 | 4.21 | 25.08 | 0.87 |
| 1998 | 4.1630 | -0.0317 | 0.0015 | 6.33 | 3.90 | 21.80 | 0.91 |
| 1999 | 2.1777 | 0.2388 | 0.0079 | 6.00 | 3.88 | 30.39 | 0.89 |
| 2000 | 2.5380 | 0.1242 | 0.0038 | 6.27 | 3.46 | 32.82 | 0.90 |
| Parity | | | | | | | |
| 1 | 2.5178 | 0.1503 | 0.0072 | 5.67 | 3.42 | 20.76 | 0.90 |
| 2 | 2.8677 | 0.1297 | 0.0055 | 5.88 | 3.80 | 23.71 | 0.88 |
| 3 | 1.8352 | 0.2956 | 0.0071 | 6.41 | 4.11 | 41.68 | 0.91 |
| ≥4 | 3.1169 | 0.0870 | 0.0040 | 5.99 | 3.73 | 21.57 | 0.90 |
| Calving season ¹⁾ | | | | | | | |
| Spring | 2.9609 | 0.1271 | 0.0045 | 6.10 | 3.99 | 28.51 | 0.90 |
| Fall | 1.7356 | 0.2830 | 0.0086 | 6.11 | 3.52 | 33.03 | 0.89 |

A, b, c : parameters of Wood's equation ($Y_n = An^b e^{-cn}$), s : persistency ($-(b+1) \log c$).

¹⁾ Calving season : Spring = March ~ May, Fall = July ~ September.

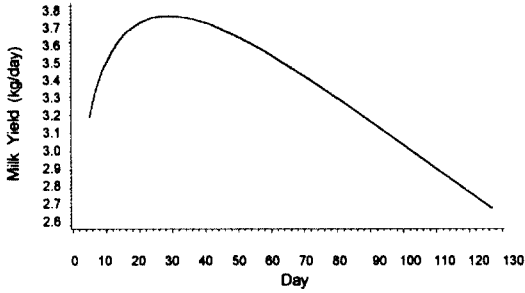


Fig. 1. Lactation curve of Korean cattle.

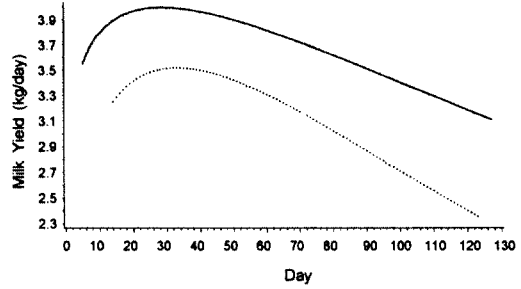


Fig. 4. Lactation curves of Korean cattle by calving seasons.

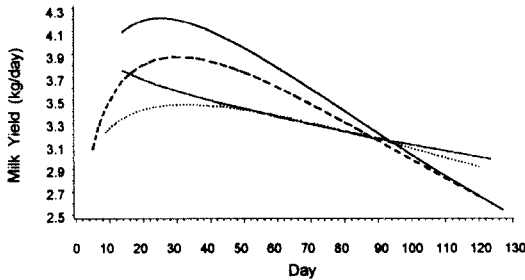


Fig. 2. Lactation curves of Korean cattle by calving years.

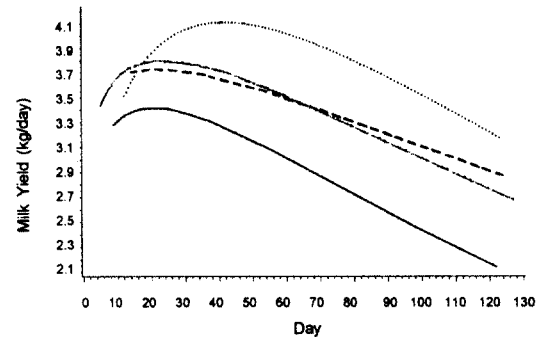


Fig. 3. Lactation curves of Korean cattle by parities.

분만년도별로 보면 1997년과 1998년도와 1999년도나 2000년도에 비해 비교적 최고 추정 유량 도달시기가 빠른 경향을 보였다.

산차별 상수 추정치를 보면 1산차일 때 $A=2.5178$, $b=0.1503$, $c=0.0072$ 였으며 최고 추정 유량은 3.42kg이었고 최고 유량 도달시기는 20.76 일이었다. 그리고 3산차일 때 $A=1.8352$, $b=0.2956$, $c=0.0071$ 이었으며 최고 추정 유량은

4.11kg이었고 최고 유량 도달시기는 41.68일이었는데 대체로 초산우보다는 경산우가 최고 추정 유량이 높고 최고 유량 도달시기가 늦어지는 것으로 나타났다.

분만계절별 상수 추정치를 보면 봄철일 때 $A=2.9609$, $b=0.1271$, $c=0.0045$ 이었으며 최고 추정 유량은 3.99kg이었고 최고 유량 도달시기는 28.51일이었다. 가을철인 경우 $A=1.7356$, $b=0.2830$, $c=0.0045$ 이었으며 최고 추정 유량은 3.52kg이었고 최고 유량 도달시기는 33.03일로써 봄철 분만우에서 비유개시시 유량과 최고 추정 유량이 더 높았다.

IV. 요약

축산기술연구소 대관령지소에서 사육된 한우 암소 118두에 대해 산유량 및 비유곡선을 추정하고자 하였다. 분만 후 1, 2, 3 및 4개월의 일일 평균 산유량은 $3.74 \pm 0.96\text{kg}$, $3.64 \pm 0.97\text{kg}$, $3.26 \pm 1.15\text{kg}$ 및 $2.99 \pm 1.08\text{kg}$ 이었으며 4개월간의 일일 평균 산유량은 $3.52 \pm 0.84\text{kg}$ 이었다.

일반적인 비유곡선의 상수 추정치는 A(분만 직후 첫유량)가 2.4845, b(상향경사도)가 0.1734 및 c(하향경사도)가 0.0060이었다. 최고 추정 유량은 3.75kg이었고 최고 유량 도달시기는 29.03 일이었었는데 초산우 보다는 경산우가 최고 추정 유량이 높고 최고 유량 도달시기가 늦어지는 것으로 나타났으며 봄철 분만우가 가을철 분만우에 비해 최고 추정 유량이 높고 최고 유량

도달시기가 늦어지는 것으로 나타났으며 봄철 분만우가 가을철 분만우에 비해 최고 추정 유량이 높고 최고 유량 도달시기도 빨라지는 경향을 보였다.

V. 사 사

이 연구는 강원대학교 동물자원공동연구소 연구비의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

VI. 인 용 문 헌

1. Buston, S. L. and Berg, R. T. 1984. Lactation performance of range beef and dairy-beef cows. *Can. J. Anim. Sci.* 64:253-265.
2. Jeffery, H. B., Berg, R. T. and Hardin, R. T. 1971. Factors influencing milk yield of beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 51:551-560.
3. Keller, D. G. 1980. Milk production in cattle cows and its influence on calf gains. *Can. J. Anim. Sci.* 60:1-9.
4. Wood, P. D. P. 1967. Algebraic model of lactation curve in cattle. *Nature. Lond.* 216:164-165.
5. 임종우, 유제현. 1983. 한우의 산유량 및 유조성에 관한 연구. I. 영양수준이 처녀우 및 경산우에 있어서 산유량과 유성분에 미치는 영향. *한낙지.* 5(2):80-94.
6. 정창화. 1995. 한우 유생산성에 관한 생물 통계학적 연구. 충북대학교 농학박사학위논문.
7. 정창화, 김내수, 강수원, 나승환, 정연후. 1996. 한우 산유량에 관한 생물 통계학적 연구. *한축지.* 38(6):545-554.
8. 최재관. 2001. 한우에서 성장단계별 체중의 유전적 특성. 강원대학교 농학박사학위 논문. (접수일자 : 2002. 9. 9 / 채택일자 : 2002. 10. 21)