

## 분만간격과 산차를 중심으로 한국 재래종인 한우의 번식능력 분석

조재성, 도창희, 최인철<sup>†</sup>

충남대학교 농업생명과학대학 동물자원과학부

## Reproductive performance of Korean native cattle (Hanwoo) focusing on calving interval and parity

Jaesung Cho, Changhee Do, Inchul Choi<sup>†</sup>

Division of Animal and Dairy Sciences, College of Agriculture & Life Sciences, Chungnam National University  
305-764, Republic of Korea

### ABSTRACT

The Korean native cattle, Hanwoo, is the most popular breed of beef cattle in Korea. However, the reproductive performance data are limited although reproduction is one of the most economically and biologically important in beef production. Therefore, this study was undertaken to investigate reproductive performance parameters including calving interval, parity for life time production. Data collected from 206,827 calvings were analyzed. There were no significant differences in calving interval and gestation days as parity increased from 2nd and 13rd parity cow, from spring to winter. However, we found a dramatic increase in calving interval after year 2000. About 1 month were increased per year ( $y = 30.578x + 344.45$   $R^2 = 0.9157$ ). Interestingly, we observed that parities for life time can be affected by birth weight. Calves with 23 kg at birth showed highest parities,  $3.4 \pm 2.0$  times. In summary, this study provides valuable data on reproductive performance of Hanwoo and the data presented here can be used as a standard target for optimising and enhancing reproductive performance.

(Key word: Korea native cow, Hanwoo, reproductive efficiency, calving interval, parity)

### 서 론

한우는 기원전 부터 한반도에서 사육되어온 역종으로 유럽원우와 인도원우의 혼혈종에서 기원한다 특히, 북부중국 및 만주를 거쳐 한반도에 이주한후 다른 품종과의 교유 없이 순종 번식한 것으로 보인다 (한광진 2002). 한육우 사육두수는 1996년 284만 마리를 기록한후 2001년 140만 6천여마리까지 감소하였다. 하지만 2002년이후 연평균 7.3% 증가해 2012년에는 306만 마리로 사상 최고치를 기록하였다 한육우는 사육두수가 일정 주기를 가지고 증감을 반복한 것으로 조사 되었다 (통계청).

소는 생후 약 2년까지 분만하지 않기 때문에 초기 발달에 소요된 비용을 우유 혹은 고기 판매로 그 비용을 충당해야 한다. 축산물 생산비 조사 자료에 의하며 한우비육이 생산비는 육우(젓소)에 비해 1.5배 정도 더 들고 있으며 높은 한우선호도와 소비자 가격에도 불구하고 한우 번식우의 순수익은 적

자를 나타내고 있다(통계청 2016). 지난 7년간의 순수익 추이를 살펴보면 젓소의 경우 전 조사기간 흑자인 반면에 번식우는 전 기간동안 적자 비육우는 적자, 흑자를 반복함을 보여 주고 있다 (통계청). 번식률은 농가 규모별로 70.0%-74.3%로 다양한 평균 71.9% (2015년 기준)으로 전년도에 비해 1% 하락한 것으로 보이고 있다 (통계청). 경제적으로 계산시 최초 분만은 약 23-25개월령이 되어야 하는데 이를 위해서는 미경산우는 생후 15개월까지 임신이 이루어져야 한다 또한, 지속적인 생산시스템을 유지 하기 위해서는 적절한 시점에 송아지 생산과 대체가 이루어져야 한다 따라서 좋은 수정능력과 경제수명의 연장은 중요한 요인이 된다(Wathes et al., 2014).

임신수정에 영향 미치는 것으로 요인으로는 종빈우정액 주입방법, 종모우의 연령, 감염여부와 우군 관리상태를 고려 시 기후, 계절, 우군의 크기, 우사 시스템등이 있다 (kruif 1978). 앞서 언급한 바와 같이 경제적 측면을 고려시 육우생산에 있어 번식능력은 가장 중요한 형질로 인식되고 있으며

<sup>†</sup> Correspondence: Inchul Choi  
Tel: +82(0)42 821 5788  
E-mail: icchoi@cnu.ac.kr

번식능력에 영향 미치는 다양한 요소에 대한 이해는 농가에서의 경영 결정에 중요한 지표가 되고 있다 번식능력에 대한 지표로는 첫 분만연령, 분만간격 (calving interval), 수태당 수정횟수 (service per conception; SPC) 등이 주로 쓰이고 일반적으로 육우의 경우 분만간격은 356일, 도태율 5%이하, 초산 연령 24개월, 우군내 80% 소가 42일 안에 분만하는 집중화 분만, 자우대체율은 16-18%, 번식능력, 분만능력, 이유시 송아지 체중등과 관련하여 경제적으로 중요한 형질의 유전능력 보유등을 목표치로 보고 하고 있다(Diskin and Kenny 2014). 한우에서도 역시 번식효율 향상을 위해 많은 연구가 수행 되었으며(한 등, 1989; 백 등, 1998; 김 등, 2002; 최 등, 2006), 기술적으로는 수태율 증진을 위한 호르몬 사용발정동기, 발정징후 발견등이 개발 되었다(임 등, 1997; 이 등, 2000; 이 등 2001; 박 등, 2003). 하지만 이러한 연구 수행에 있어 연구성과의 수월성 혹은 적절성을 판단하기 위한 한우의 번식능력에 대한 표준 기준목표가 명확하게 보고되고 있지 않다

젖소의 경우 일반적으로 유량 및 번식능력이 기후에 영향을 많이 받는다고 알려져 있으며 최근 연구 결과에 의하며 유전선발과 고유량 사양 기술의 활용으로 번식능력이 저하된다고 보고 되고 있다 (Mass et al., 2009; Inchaisri et al., 2010; Chang et al., 2007; VanRaden et al., 2004). 또한, 기후 변화와 한우의 1등급이상 출현의 증가가 번식성적에 미치는 영향에 대한 연구는 제한적이다(여 등 2011; 권 등 2007).

본 연구에서는 다양한 번식능력 지표중 분만간격 임신기간, 산차를 선택하여 이들지표와 계절 분만시 생시 체중과 생애생산성에 대한 분석을 통해 한우의 번식 능력에 관한 표준 기준치를 제공하고자 한다

1. 조사 자료 수집

한우 암소의분만 간격, 임신기간, 산차, 분만시 송아지 생

시 체중을 조사하기 위하여2000년부터 2013년까지 한우암소 검정사업 자료에서 10자리 식별 번호를 갖고 있는 총206,827두중 이상치(outlier)로 관측된 값을 제외한163,613두에 대하여 통계 분석하였다. 이상치는 분만간격에 적용되었는데 사분위 편차 (IQR, interquartile; Q3-Q1)를 활용하여 Q3+1.5 x IQR 보다 크거나 Q1-1.5 x IQR 보다 작은 값을 나타내는 분만간격에서 이상치로 간주하여 분석자료에서 제외 하였다

2. 자료 정의 및 분류

본 연구에서 한우의 번식능력은 분만간격 임신기간, 산차를 기준으로 하여 평가되었다 계절은 봄(3, 4, 5월), 여름 (6, 7, 8월), 가을 (9, 10, 11월), 겨울 (12, 1, 2월)로 분류 하였다.

3. 통계분석

모든 통계 분석은 SAS 9.4 버전을 통해 수행 되었다. 산차에 대해서는 위치모수 검정으로student-t test, 정규성 검정으로 Kolomgorov-Smirnov, Cramer-von Mises, Anderson-Darling 을 이용하였다. 각 수치에 대해서는 평균값과 표준편차를 이용해 표시 하였다.

결 과

1. 한우 암소의 산차 분포 및 산차별 번식능력

본 연구에서는산차부터 13산차까지 총 163,613마리가 이용되었다. 각 산차당 16마리(13산차) 부터 84,189 (1산차) 까지 다양하게 분포하고 있다(Fig 1). 1산차 이상의 경산우의 평균 산차는 대부분(51.46%)를 차지 하고 있는 1산차가 많아 평균 2.08 산차를 나타내고 있다 Fig 1에서 보이는 바와 같이1~3산차가 경산우가 전체 80% 이상을 차지 하고 그 이상은 적은

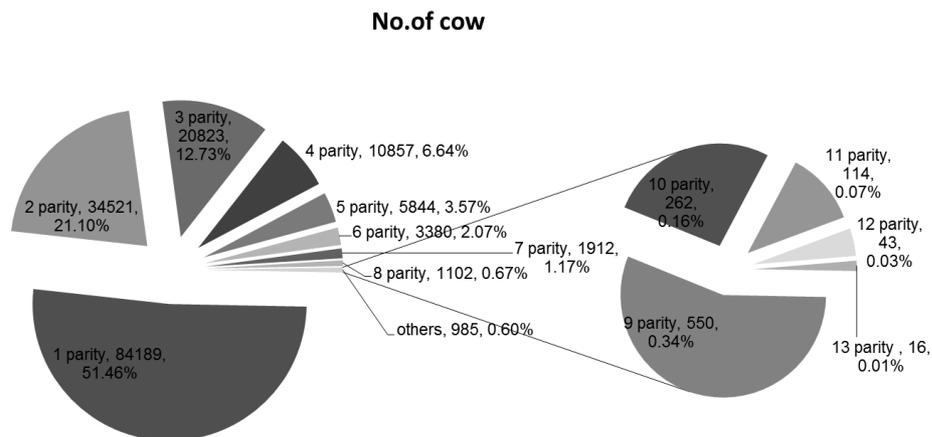


Figure 1. Numbers and parities of Hanwoo Cow used for reproductive performance

비율을 갖고 있다 초산 의 경우 분만 간격 (calving interval) 이 794.21±101일로 약 2.17년을 나타 내고 있다 본 연구에서 산차별 번식능력인 분만간격과, 임신기간 (gestation)이 산차에 영향을 받는지를 조사하기 위해 2산차의 분만간격과 임신기간을 이용 하였다 Table 1 에서 보이듯이 분만간격은 산차가 증가 함에 따라 약 1일 감소 하고 있으며 임신기간은 변화가 없 다 즉, 본 조사결과는 한우에서 산차증가와분만간격, 임신기간의 증감은 거의 나타 나지 않는 것으로 보였다 이러한 결과에는 조기 도태, 즉 4산차 이상의 조사대상이 급격히 줄어들어 이들의 생리적인 번식능력은 제대로 평가 되지 않았 다 할 수 있다. 하지만, 8산차까지 최소 1000두에 대해 조사하였으며 표준편차

는 1차산차 229.9일 2산차 1001.08일에서 8산차 76.1일, 11 산차 70.4일등 점차 줄어드는 추세를 보이고 있다표준편차의 감소는 검정된 고산차 암소는 번식능력과 경제형질을 동시에 유지 하는 것으로 보인다

2. 한우 암소의 년도별 분만간격 추이

지난 보고(조 등 2015)와 다르게 본 연구에서는 이상치를 갖고 있는 자료는 배제하고 2000년부터 2013년까지 한우 암소의 평균 분만간격의 변화를 조사하였다 2000년 평균 분만 간격과 임신기간은 407.303±99.13, 288.43±12.일, 2007년 562.44±198.55, 286.06±8.3 일, 2011년 759.58±94.38일,

Table 1. Calving interval and gestation days of Korea native cow, Hanwoo in different parities

Parity	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Calving Interval	395.53	384.86	383.90	383.56	383.78	388.21	385.71	387.64	380.42	377.96	394.79	364.88
SD	101.08	91.02	89.50	85.26	84.55	87.50	76.14	83.72	57.30	70.50	92.57	37.52
Gestation	286.33	286.70	286.95	287.38	287.59	287.80	288.05	287.83	289.05	287.80	288.15	288.39
SD	10.28	8.80	7.83	10.90	7.76	7.49	7.51	7.15	7.68	7.70	7.38	4.55

Table2. Changes in calving interval of Korea native cow, Hanwoo

		N	mean	SD
2000	Calving interval	967	407.30	99.13
	Gestation	964	288.43	12.73
2001	Calving interval	1129	432.12	139.05
	Gestation	1124	288.11	8.28
2002	Calving interval	1950	425.71	131.29
	Gestation	1930	287.78	8.59
2003	Calving interval	3319	446.24	145.25
	Gestation	3281	287.41	7.51
2004	Calving interval	5333	470.65	158.02
	Gestation	5263	286.96	9.84
2005	Calving interval	8218	493.45	177.81
	Gestation	8113	286.91	7.94
2006	Calving interval	13038	526.47	192.04
	Gestation	12909	286.71	8.18
2007	Calving interval	20614	562.44	198.55
	Gestation	20467	286.06	8.32
2008	Calving interval	23249	619.01	191.13
	Gestation	23101	286.06	8.18
2009	Calving interval	18022	704.99	143.17
	Gestation	17962	286.21	6.79
2010	Calving interval	9927	734.13	82.63
	Gestation	9923	286.49	7.03
2011	Calving interval	7066	759.58	94.38
	Gestation	7066	286.94	10.02
2012	Calving interval	5827	751.83	78.49
	Gestation	5827	287.21	9.35
2013	Calving interval	724	698.99	40.24
	Gestation	724	287.40	8.97

287.21±9.35일로 분만간격은 급격히 증가된 반면 임신기간은 변하지 않았다. 물론 2011년을 정점으로 분만간격은 줄어드는 추세를 나타내고 있음에도 불구하고 통계적으로는 매년

증가하는 추세를 보이고 있다 Table 2 에서 보듯이 분만간격은 매년 30.578일이 증가되는 것으로 분석된다 ( $y = 30.578x + 344.45$   $R^2 = 0.9157$ ).

Table 3. Effects of season on calving interval and gestation period of Korean native cow, Hanwoo

	Spring	Summer	Autumn	Winter
Calving interval (N)	46736	28027	17343	28803
mean	608.39	603.35	619.99	602.62
SD	187.54	189.96	194.31	200.02
Gestation (N)	46515	27863	17228	28591
mean	286.53	286.29	286.32	286.91
SD	8.08	8.19	8.47	8.51

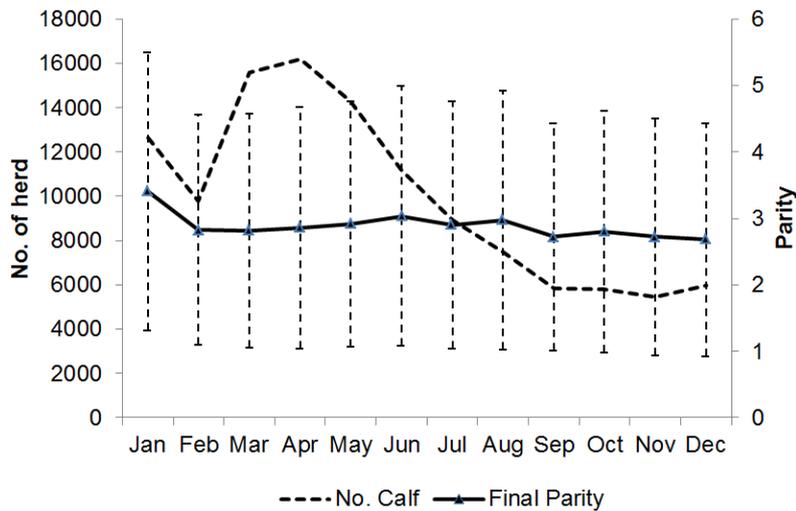


Figure 2. Effects of maternal calving date on parity

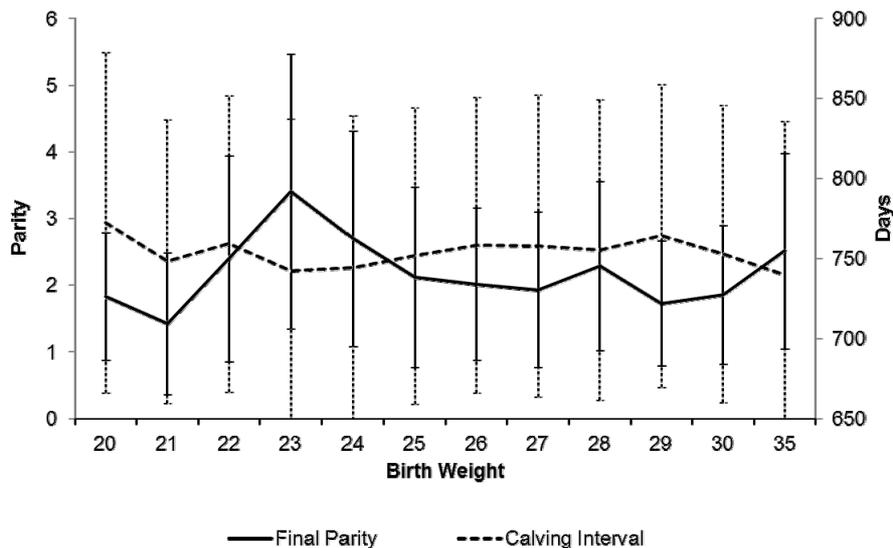


Figure 3. Effects of birth weight on parity and calving interval

### 3. 한우의 번식 성적과 계절성

한우 분만간격과 임신기간이 계절성을 갖고 있는지 알아보기 위해 계절별로 나누어 분만간격 및 임신기간을 조사하였다. 먼저 1년을 사분기로 나누어 한 계절당 3개월로 한정하였다. 따라서 봄은 3월~5월, 여름은 6월~8월, 가을은 9월~11월, 겨울은 12월~ 이듬해 2월로 기간을 정하였다. 봄, 여름, 가을, 겨울 분만간격은  $608.38 \pm 187.53$ ,  $603.34 \pm 189.95$ ,  $619.99 \pm 194.31$ ,  $602.62 \pm 200$  로 조사 되었으며 임신기간은  $286 \pm 8$  일로 계절별로 차이가 없었다 ( $P < 0.05$ ) (Table 3). 다음으로 각 계절별로 태어나는 송아지수와 해당 기간에 태어난 암송아지의 산차를 알아 보았다. 좀 더 자세히 알아보기 위해 계절별을 각 월별로 표시하였다. 분만 송아지의 수는 봄철인 3월~5월에 가장 많았으며 점차 줄어 들다가 12월 이후 증가하는 추세를 보였다. 월별 분만 송아지의 생애 산차를 추적시 평균 2.88 산차를 나타냈으나 1월의 겨우 생애 산차가  $3.4 \pm 2.0$  산차로 가장 뛰어난 번식성적을 보여주었으며 5월부터 8월생까지 약 3산차이상을 생애에 생산하는 것으로 조사되었다 (Fig 2).

### 4. 생시체중이 생애 산차 및 분만간격에 미치는 영향

분만시 체중은 20kg 이하부터 35 kg 이상까지 다양하게 나타났다. 본 연구는 암소의 생시 체중이 생애기간 번식성적에 미치는 영향을 조사하기 위해 생시체중별 최종 산차 및 분만간격을 조사하였다. 23kg 생시 체중시 평균  $3.4 \pm 1.5$  생애 산차와 분만간격  $742.16 \pm 94.96$ 일로 가장 많은 수의 산차와 짧은 분만간격을 보였다 (Fig 3). 특히 23kg 전후로 낮은 생애 산차수와 비교적 긴 분만간격이 조사되었다 (Fig 6).

## 고 찰

장기간 다량의 자료를 이용한 본 연구는 한우의 번식능력을 정량화 및 기준 값을 제시하기 위해 수행 되었다. 본 연구에서는 현재 우리나라의 한우 암소의 산차별 분후 산차별 번식능력, 년도별 분만간격 추이, 생시 체중이 생애 산차 및 분만간격에 미치는 영향을 등을 조사 분석하였다. 일본 화우의 번식성적에 관한 연구를 보면 지난 20년간 수태율이 저하되고 있으며 원인으로 육종 프로그램이 육질 향상에 주 목적을 두고 있으며 이에 따라 육질향상과 수정능력과의 부의 상관관계가 있을 것으로 생각하고 있다 (Sato et al., 2010). 일본 화우의 경우 평균산차  $4.9 \pm 2.9$  산차, 임신기간  $289.9 \pm 5.6$ 일, 분만후 수태간격  $112.0 \pm 76.7$ 일, 수태당 정액주입횟수는  $1.60 \pm 0.96$ 회를 나타냈는데 (Sasaki et al., 2016), 이는 우리나라 한우의 번식능력과 비교시 우수한 것으로 나타났다 (조 등

2015). 하지만, 우군의 능력 향상과 전체 경제적 이익과 직접 관련있는 분만후 수태간격은 한우의 경우 오히려 양호한 것으로 조사되었다 (평균 96.6일). 또한 농가 규모에 따라 차이가 나지만 중소규모의 농가의 경우 일본 화우는 겨울 및 봄에 수태율이 저하되는 반면 한우의 경우 차이가 나지 않았다. 출생계절의 효과는 기존 연구와 달리 (한 2002) 사육 환경이 변화 되었음을 의미한다. 기존 연구에서는 (한 2002) 출생계절의 효과를 농번기에 의한 관리 소홀이라고 판단하였으나 규모화 및 기업농화에 의한 집중화 사육 시스템에 의해 계절적 요인은 저감 된 것으로 보인다.

분만년도별 분만간격을 살펴보면 선형으로 증가되고 있음을 알 수 있다. 물론 2010년 이후 그 추이는 완만하게 보이고 있으나 기존 연구 (한 2002)에서 지적한 공태일수와 번식간격은 여전히 줄어 들지 않고 오히려 증가되고 있어 운동부족, 농후사료 위주의 계류사양 등 뿐만 아니라 한우 육종 선발 프로그램도 한 원인으로 지목되어진다.

분만시기는 봄철에 가장 많았으며 4월을 정점으로 줄어 드는 추세를 보였다. 각 월별로 태어난 송아지의 생애 동안의 번식능력중 산차를 조사하였을 때 월별로 큰 차이가 없음을 보였다. 이는 분만계절별 분만후 초종부 일수가 계절의 영향을 받는 기존 연구 (한 2002)는 다른 것으로 생애동안의 번식능력을 조사 한 것이다. 특이한 것은 겨울철 분만된 송아지가 비교적 높은 생애 산차를 나타낸 점이다.

육우의 경우 최초 분만시 체중, 이유시 체중이 향후 번식능력에 미치는 영향에 대해 많은 연구가 보고 되었다 (MacGregor and Casey, 2000; Funston and Deutscher 2004; Diskin and Kenny 2014; Fiems and Ampe. 2015). 하지만 생시 체중이 향후 생애 전체에 번식능력에 대한 효과에 대한 연구는 전무하다. 본 연구에서는 생시 체중이 번식능력중 산차에 미치는 영향을 조사보고 하였다. 23kg 생시 체중이 가장 많은 평균 산차를 나타냈는데 이는 후보축 생산을 위해 임신관리시 사양 관리가 필요함을 의미한다. 앞선 결과에서도 밝혔듯이 우리나라에서 사육중인 한우의 대부분은 미경산우를 제외시 1산차가 가장 많으며 3산차 이상이 적음을 알 수 있다. 또한, 산차가 높아질 저도 분만간격에는 큰 영향을 미치지 못했음을 알 수 있었다. 즉, 많은 수의 번식우가 낮은 번식능력을 보일시 바로 도태 됨을 추정 할 수 있다. 따라서, 후보축을 선발하여 임신 분만에 이르는 전 사양 과정에 번식능력을 최대화 할 수 있도록 사양관리가 필요함을 본 연구는 제시한다.

본 연구는 2000년 이후 한우 암소의 번식 자료를 이용하여 한우의 분만간격과 산차를 중심으로 번식능력을 정량화 하였다. 본 연구는 한우의 번식우 사양과 육종프로그램에 관한 기초 자료를 제공하며 향후 번식능력 향상 및 번식능력을 측정하는데 필요한 기준값을 제공하는데 큰 의미를 갖는다.

## 적 요

한우는 한국 고유재래종으로 가장 많이 사육되고 있으나 번식성적에 대한 자료는 제한적이다 본 연구는 총 163,613두의 번식성적에 대하여 통계 분석하였다 산차 및 계절별로 분만 간격과 임신기간의 차이는 없었으나 매년 분만간격이 증가하고 있었다. 또한 생시 체중이 23 kg이었을 때 생애 번식성적이 가장 우수 하였다

## 사 사

본 연구는 농림축산식품부 농림수산식품기술기획평가원(iPET)의 지원으로 수행되었음 (과제번호:313020-04)

## REFERENCES

- 권응기 박병기 조영무 한만희 최창용 이명식 2007. 한우 송아지 이유시기가 증체 사료섭취량, 질병발생 및 어미소의 번식효율에 미치는 영향 J. Anim. Sci & Technol 49(2):239-244
- 김의형, 정기용, 이승환, 유일선, 강희설. 2014. 한우 농장별 번식기록 분석을 통한 번식을 제고 사례 연구. Emb. Trans. 29(1):7-12
- 김학영, 송상현, 조현조. 2002. 한우 번식우 농가의 번식실태 및 번식 장애 치료에 관한 연구 J. Anim. Sci. 26(3): 291-298.
- 박정준, 이명식, 박수봉, 임석기, 전기준, 정영훈, 우제석, 나기준, 고대환, 이규승. 2003. 한우에 Ov-synch 처리시 배란시기와 수태율 구명에 관한 연구 J. Emb. Trans. 18 (3): 187-193.
- 백광수, 고응규, 성환후, 이명식, 최순호, 김영근. 1998. 사육규모에 따른 한우 번식 실태 조사 J. Anim. Sci. 22(4):367-373.
- 여준모 · 이성훈 · 기광석 · 황진호 · 이성실 · 김완영 2011. 한우 송아지 이유월령 실태 조사연구 J. Anim. Sci & Technol 53(5):497-502
- 이명식, 최창용, 오운용, 조영무, 이지웅, 김영근, 성환후, 양화정, 손삼규, 나승환, 나기준. 2001. 한우의 계절번식과 다양한 발정제어 효과에 관한 연구 J. Anim. Sci. 25(1): 29-33.
- 이병천, 이강남, 이은송, 손창호, 류일선, 최상용, 노규진, 오성중, 정근기, 김상철, 김계성, 주석천, 임정목, 장구, 황우석. 2000. 한우의 신속한 증식을 위한 번식기술 개발에 관한연구. I. 한우 번식실태 및 PGF2a의 난소실질 내 투여효과. J. Emb. Trans. 15(1): 77-83.
- 임석기, 우제석, 윤상보, 전기준. 1997. 저수태 한우에 대한 성선자극 호르몬 방출호르몬 투여 효과 J. Emb. Trans. 12(1):117-122.
- 조재성, 송우진, 이용건, 윤정현. 2014. 축산관측사업 정밀도 제고 및 정책연계 프로그램 구축 연구 한우자조금관리위원회
- 조재성, 도창희, 송형준, 최인철. 2015. 한우의 번식실태평가 및 번식우 생산성 분석 J. Emb. Trans. 30 (3): 189-193.
- 최창용, 손동수, 최규찬, 송상현, 최창열, 최선호, 김현중, 조상래, 허창기, 강다원. 2006. 한우 번식우 사육 농가의 번식장애 실태 조사. J. Emb. Trans. 21(4): 331-338.
- 통계청(kosis.kr)-가축동향조사, 축산물 생산비조사 한국종축개량협회(<http://www.aiak.or.kr/>)
- 한광진. 2002. 한우의 번식형질에 대한 환경요인의 효과 영향 J. Anim. Sci & Technol 44(2):191-200
- 한찬규, 이남형, 박연진, 정영채. 1989. 한우의 번식실태 조사. J. Anim. Sci. 13(1): 1-6.
- Inchaisri C, Jorritsma R, Vos PL, van der Weijden GC, Hogeveen H. 2010. Economic consequences of reproductive performance in dairy cattle. Theriogenology 74:835-846.
- Chang YM, González-Recio O, Weigel KA, Fricke PM. 2007. Genetic analysis of the twenty-one-day pregnancy rate in US Holsteins using an ordinal censored threshold model with unknown voluntary waiting period. J Dairy Sci. 90:1987-1997.
- Diskin MG, Kenny DA. 2014. Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. Animal. 8 Suppl 1:27-39. doi:10.1017/S175173111400086X
- Fiems LO, Ampe B. 2015. Importance of dam BW change and calf birth weight in double-muscled Belgian Blue cattle and its relationship with parity and calving interval. Animal 9:94-103.
- Funston RN, Deutscher GH. 2004. Comparison of target breeding weight and breeding date for replacement beef heifers and effects on subsequent reproduction and calf performance. J Anim Sci. 82:3094-3099.
- Kanuya NL, Matiko MK, Nkya R, Bittegeko SBP, Mgasu MN, Reksen O, Ropstad E. 2006. Seasonal changes in nutritional status and reproductive performance of Zebu cows kept under a traditional agro-pastoral system in Tanzania. Tropical Animal Health and Production 38:511-519.
- MacGregor RG, Casey NH. 2000. The effects of maternal

- calving date and calving interval on growth performance of beef calves. *South African Journal of Animal Science* 30:70-76.
- Ramsey R, Doye DG, Ward CE, McGrann JM, Falconer L L, Bevers SJ. 2005. Factors Affecting Beef Cow-Herd Costs, Production, and Profits. *J. Agri. App. Econ.* 37:91-99.
- Sato K, Fujita T. 2010. Elucidation of genes involved in the conception rates of cows decrease. *B Oita Pref Anim Ind Exp Sta.* 39:17-19.
- Sasaki Y, Uematsu M, Kitahara G, Osawa T. 2016. Reproductive performance of Japanese black cattle: Association with herd size, season, and parity in commercial cow-calf operations. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.07.007. [Epub ahead of print]
- Maas JA, Garnsworthy PC, Flint AP. 2009. Modelling responses to nutritional, endocrine and genetic strategies to increase fertility in the UK dairy herd. *Vet J.* 180:356-362.
- VanRaden, P.M., A.H. Sanders, M.E. Tooker, R.H. Miller, H.D. Norman, M.T. Kuhn, and G.R. Wiggans. 2004. Development of a national genetic evaluation for cow fertility. *J. Dairy Sci.* 87:2285-2292.
- Wathes DC, Pollott GE, Johnson KF, Richardson H, Cooke JS. 2014. Heifer fertility and carry over consequences for life time production in dairy and beef cattle. *Animal* 8:91-104.

---

Received September 08, 2016, Revised September 23, 2016,  
Accepted September 30, 2016