

국내 유우(Holstein)의 쌍태임신을 및 분만에 관한 조사

조진행 · 김명철¹ · 정성목 · 이재연 · 신상태 · 신범준

충남대학교 수의과대학

(게재승인: 2012년 1월 25일)

Survey on Rate of Twin Pregnancy and Parturition in Dairy Cows in Korea

Jin-Haeng Cho, Myung-Cheol Kim¹, Seong-Mok Jeong, Jae-Yeon Lee, Sang-Tae Shin and Beom-Jun Shin

College of Veterinary Medicine, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract : This study was performed to evaluate the rate of twin pregnancy and parturition in dairy cows. Calving records of Holstein dairy cows from 1998 to 2009 comprising Goyang and Paju cities herd with 20,990 calving events representing 820 twin births were used to evaluate twinning rate, calf sex ratio, periods of pregnancy and complication after parturition in single and twin births. Overall, the reported twinning rate was 3.9% in Holstein dairy cows. Rate of bicornual pregnancy (75%) was larger than that of unicornual pregnancy (25%) among cows having twin. Regardless of parity, the greatest twinning rate was observed in fall season from September to November. Calf sex ratios (male, M; female, F) were 48.0% FM, 28.9% MM, 21.5% FF and 0.9% mummifications for twin calves. Parturition type among cows having twins included normal (4.7%), premature (66.9%), delayed (9.2%), abortion (18.4%) and mummification (0.8%). The period of pregnancy in twin pregnancy (mean 272.6 days) was shorter than single pregnancy (mean 278.1 days). The retained placenta after parturition was over fourth times such as twin parturition (34.8%) higher than single parturition (8.5%) and the abomasal displacement was over two times such as twin parturition (10.2%) higher than single parturition (4.9%). The distribution of twin pregnancy with parities was high rate during the 2~3 parities. The prevalence of complication such as retained placenta and abomasal displacement with twin parturition revealed higher than single parturition.

Key words : twinning rate, bi- or unicornual uterine, calf sex ratio, retained placenta, abomasal displacement.

서 론

모체의 자궁 안에서 두 마리의 태자가 자라는 경우를 쌍태 임신이라고 하는데, 국내 유우에서도 쌍태임신은 점차 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 이는 경제적인 관점에서도 중요성이 증대되고 있다(2). 왜냐하면 쌍태임신은 조산, 난산, 태반 정체, 자궁 내막염, 유산 및 미이라 변성이 일어날 확률이 높고, 또한 대부분 암컷과 수컷이 혼합하여 임신되기 때문에 프리마틴(freemartin)이 발생할 가능성이 매우 높기 때문이다. 그리고 이러한 질병으로 인해 항생제 및 호르몬 요법 치료의 수요가 증가되고 있으며, 송아지 폐사율이 높고, 모우 단태임신우보다 우유 생산량이 적으며 도태율이 높아서 경제적인 손실이 큰 실정이다(13).

소의 쌍태임신은 일반적으로 양측 자궁각성 쌍태(bicornual twins)이나 드물게 쌍태가 동일각내에서 발육되는 편측 자궁

각성 쌍태(unicornual twins)로도 발생할 수 있으며 그 발생율은 약 10%인 것으로 알려져 있다. 이와 같은 자궁각은 대단히 길어져서 횡격막에 대하여 180도 각도로 만곡되어 한 태자는 다른 태자와 평행으로 위치한다(2).

보고된 바에 의하면 쌍태임신과 관련된 요인으로 환경적 요인과 유전적 요인이 있다. 환경적 요인 중에서 계절적 요인으로 유우의 쌍태분만은 주로 6~7월에, 육우의 경우는 8월에 많이 발생하고, 모우의 연령이 많아질수록 쌍태분만이 점차 증가하는 경향을 나타낸다(2). 그리고 분만 후의 조기 수정으로 즉 분만 후 30~40일 이내에 교배된 소와 분만 후 9일경에 교배된 말에서는 이상 배란과 쌍태의 발생율이 증가되는 경향을 나타내는 것으로 보인다(11). 또한 PMSG, GnRH 및 PGF2 등과 같은 호르몬을 주사할 경우, 과잉배란으로 인한 다태임신이 된다고 하는 보고가 있다. 그 외에 자궁 내 치료와 항생제 치료를 받은 경우에도 높은 발생율을 나타낸다(2,7,11).

한편 유전적 요인으로는 첫째 품종간의 차이로써, 육우의 경우가 쌍태임신율이 낮으며, 유우의 경우 Holstein 종과

¹Corresponding author.
E-mail : mckim@cnu.ac.kr

Brown swiss 종에서 가장 발생율이 높고, Aryshires 종과 Jersey 종에서 쌍태임신 발생율이 가장 낮은 것으로 보고되었다. 또한 난포낭종으로써 즉 난포낭종이 치유된 이후 얼마 되지 않아 임신되는 경우 쌍태임신인 경우가 많았고, 고능력 유우에서도 높은 쌍태임신 발생율을 나타내었다(2,7,11).

현재까지 쌍태에 대해 알려진 연구 결과는 대부분 해외의 자료이고, 국내에는 쌍태임신 및 분만에 관한 연구 자료가 거의 없다. 쌍태임신이 유발하는 경제적인 손실을 고려하면, 이에 대한 국내 연구 자료가 없다는 것은 아이러니한 일이다. 따라서 본 연구에서는 직장 검사로 조기 쌍태 임신진단 및 건유기 감정으로 쌍태임신을 재확인하고 분만 후에 쌍태 분만을 확인한 자료를 수집하여 수의 진료에 참고가 될 기초 자료를 확립 할 목적으로 국내 유우를 대상으로 쌍태임신을 및 분만에 대한 조사를 하였다.

재료 및 방법

실험 동물

본 실험에서 사용된 실험 동물은 경기도 고양시와 파주시의 목장에서 사육 중인 유우(Holstein) 70개 목장, 총 20,990두 (2~12연령)를 대상으로 하여 조사하였다.

조사 기간

쌍태임신 및 분만에 대한 조사는 1998년부터 2009년까지 12년간 조사하였다.

실험 방법

매월 2회 (15일 간격)로 실시하는 정기 검진 시와 축주 요청에 의한 임상 진료 시에 임상수의사 1명이 직장 검사를 실시하였으며, 조기 임신 감정은 수정 후 45 ± 5일에 단태 및 쌍태임신 감정을 하였고, 건유기 감정은 중자궁 동맥의 축진으로 태아의 생사를 간접 확인하였다. 그리고 분만 후에 쌍태아 확인을 실시하였다.

연도별 쌍태임신율을 1998년부터 2009년까지 12년간 1년 단위로 구분하여 조사하였다.

쌍태임신우의 임신형태를 진단하여 편측 자궁각성 임신 (좌측 자궁각성 임신, 우측 자궁각성 임신), 양측 자궁각성 임신으로 구분하여 조사하였다.

계절별 쌍태임신율을 봄 (3월~5월), 여름 (6월~8월), 가을 (9월~11월), 겨울 (12월~2월)로 구분하여 조사하였다.

쌍태분만 자우의 성별분포는 이성쌍태, 암컷쌍아, 수컷쌍아, 암컷·미이라변성으로 구분하여 조사하였다.

쌍태임신우의 분만형태는 정상분만, 조산, 지연분만, 유산, 미이라변성으로 구분하여, 아래의 기준으로 조사하였다. 정상분만; 정상적인 분만, 조산; 임신기간이 만료되기 이전에 태아가 생활능력을 가지고 만출되는 것, 지연분만; 임신기간 (278~282일)을 초과하여 임신 295일 이후에 분만되는 것. 유산; 임신기간이 만료되기 전에 임신이 증지되어 태아가 죽거나 또는 살았어도 생활능력을 가는 시기인 임신8개월 이전에

만출되는 것, 미이라변성; 태아가 자궁내에서 죽은 뒤에 만출되지 않고, 감염이 없는 상태에서 장기간 잔류하는 동안에 수분이 흡수되어 건조·위축된 상태로 임신이 계속된 것.

단태와 쌍태 임신우의 임신기간을 구분하여 조사하였다.

쌍태분만 후 태반정체 및 제4위전위증 발생율을 단태분만 후와 비교하여, 아래의 기준으로 조사하였다. 태반정체; 태아 태반을 포함한 태막의 일부 또는 전부가 모체외로 배출되지 않고, 자궁내에 정체되어 있는 상태. 제4위전위증; 제4위의 일부가 본래 있던 자리에서 제1위 좌측으로 빠져 나와서 제1위와 복벽 사이에 끼어들거나 또는 우측으로 이전하여 간과 복벽 사이에 끼어들어서 위치변화를 일으키고 압박을 받는 상태.

통계 분석

측정자료의 통계는 평균(mean)과 백분율(%)로 표시하였다.

결 과

연도별 쌍태임신율

쌍태임신율은 20,990두 중 820두로써 2.7~4.8% (평균 3.9%)로 나타났다(Table 1).

쌍태임신우의 임신형태

2001년 7월부터 2009년 12월까지 총 380두를 대상으로 조기 임신감정 및 건유기 감정으로 진단한 결과 양측 자궁각성 임신은 75% (285두)이고, 편측 자궁각성 임신은 25% (95두)로 진단되었으며, 편측 자궁각성 임신에서 좌측은 47.3% (45

Table 1. The distribution of twin pregnancy rate according to the year

Year	No. of survey	No. of single pregnancy	No. of twin pregnancy	Twin pregnancy rate (%)
1998	1,745	1,698	47	2.7
1999	1,814	1,762	52	2.9
2000	2,098	2,009	89	4.2
2001	2,390	2,275	115	4.8
2002	1,974	1,890	84	4.3
2003	1,827	1,771	56	3.1
2004	1,554	1,492	62	4.0
2005	1,616	1,552	64	4.0
2006	1,536	1,471	65	4.2
2007	1,433	1,374	59	4.1
2008	1,558	1,485	73	4.7
2009	1,445	1,391	54	3.7
Total	20,990	20,170	820	3.9

Table 2. The distribution of bi- or unicornal uterine with twin pregnancy

	No. of survey	Unicornal pregnancy			Bicornual pregnancy
		Left	Right	Total	
No. of pregnancy	380	45	50	95	285
Percent (%)	100		25		75

두), 우측은 52.3% (50두)이었다(Table 2).

계절별 쌍태임신율

820두 중 3~5월 24.9% (204두), 6~8월 18.9% (155두), 9~11월 33.3% (273두), 12~2월 22.9% (188두)로 진단되어 9~11월에 쌍태임신율이 가장 높았다(Table 3).

쌍태분만 자우의 성별분포

820두 쌍태분만우 중 자우의 성별이 확인 안 된 122두(유산: 87두 도태: 16두, 폐업: 8두, 미이라변성: 6두, 폐사: 4두, 판매: 1두)는 본 조사에서 제외 하여 698두중 이성 쌍태의 분만이 48.0% (335두), 암컷 쌍아의 분만이 21.5% (150두), 수컷 쌍아의 분만이 28.9% (202두)로 나타나 이성 쌍아의 분만이 가장 높았다(Table 4).

쌍태임신우의 분만 형태

820두 쌍태임신우 중 29두(도태: 16두, 폐업: 8두, 폐사: 4두, 판매: 1두)는 제외되어 791두 중 정상분만은 4.7% (37두)

Table 6. The period of single or twin pregnancy

	No. of survey	Pregnancy period (days)
Single	19,349	278.1
Twin	639	272.6

로 매우 낮았고, 조산은 66.9% (529두)로 가장 높았으며, 지연분만은 9.2% (73두), 유산은 18.4% (146두), 미이라변성은 0.8% (8두)로 확인되었다(Table 5).

단태와 쌍태임신우의 임신 기간

단태임신우 20,170두 중 821두(폐업, 유산, 도태, 미이라변성, 폐사 등), 쌍태임신우 820두 중 181두(유산:146두, 도태: 16두, 폐업: 8두, 미이라변성: 6두, 폐사: 4두, 판매: 1두)는 제외되어 단태임신우 19,349두와 쌍태임신우 639두로 임신 기간을 조사한 결과 단태분만우는 평균 278.1일이고 쌍태분만우는 평균 272.6일로 쌍태분만우의 임신 기간이 약 5.5일 짧았다(Table 6).

쌍태분만 후 태반정체 및 제4위전위증 발생률

단태임신우 20,170두 중 821두 (폐업, 유산, 도태, 미이라변성, 폐사 등), 쌍태임신우 820두 중 35두 (도태: 16두, 폐업: 8두, 미이라변성: 6두, 폐사: 4두, 판매: 1두)는 제외되어, 단태분만우 19,349두와 쌍태분만우 785두에서 태반정체율은, 단태분만우는 8.5% (1,647두), 쌍태분만우는 34.8% (273두)이었다. 또한 제4위전위증 발생율은, 단태분만우는 4.9% (939두), 쌍태분만우는 10.2% (80두)로, 두 경우 모두 쌍태

Table 3. The distribution of twin pregnancy rate according to the season

Season	No. of survey	March~May	June~August	September~November	December~February
No. of pregnancy	820	204	155	273	188
Percent (%)	100	24.9	18.9	33.3	22.9

Table 4. The distribution of calf gender with parturition

	No. of survey	Calf gender					Unknown
		F, M	F, F	M, M	F, Mi	Mi	
No. of pregnancy	698	335	150	202	5	6	122
Percent (%)	100	48.0	21.5	28.9	0.7	0.9	

F: female, M: male, Mi: mummification

Unknown (122 case): Abortion; 87, Slaughter; 16, Closed; 8, Mummification; 6, Death; 4, Saled; 1

Table 5. The distribution of parturition type with twin pregnancy

	No. of survey	Parturition type					Other
		Normal	Premature	Delayed	Abortion	Mummification	
No. of parturition	791	37	529	73	146	6	29
Percent (%)	100	4.7	66.9	9.2	18.4	0.8	

Other (29 case): Slaughter; 16, Closed; 8, Death; 4, Saled; 1

Table 7. The distribution of retained placenta and abomasal displacement after single and twin parturition

	Single			Twin		
	No. of survey	No. of case	Percentage (%)	No. of survey	No. of case	Percentage (%)
Retained placenta	19,349	1,647	8.5	785	273	34.8
Abomasal displacement	19,349	939	4.9	785	80	10.2

분만우에서 높은 발생율을 나타냈다(Table 7).

고 찰

최근 유우의 쌍태임신은 경제적 관점에서 중요한 의미를 갖고 있다. Dickerson 등에 의하면 육우에서 인공적으로 발생시킨 쌍태와 단태의 경우 쌍태의 경우 단태에 비해 20~30%정도의 경제 손실을 나타낸다고 보고된 바 있다(5).

또한 유우의 경우에서도 쌍태로 태어난 경우와 쌍태를 임신한 경우 모두 경제적 손실을 미치는 것으로 알려져 있으며, 이는 1회 출산 당 약 125달러의 손실에 해당한다고 보고되었다(6).

이는 난산 혹은 후산정체, 임신율의 저하, 공태 기간의 증가 등과 관련되어 있다(8). 본 연구에서도 쌍태임신의 경우 조기 분만 및 유산, 그리고 태반정체 및 제4위전위증 발생율이 높았다. 즉, 쌍태임신이 경제적 손실을 초래하는 것이 입증된 셈이다.

Kinsel 등(12)에 의하면 미국 Idaho주의 경우 1983년부터 1990년까지 쌍태분만의 발생율이 점차 증가하였다가 이후 1993년까지 약간 감소하는 경향을 나타내었다고 보고하였는데, 본 연구에서는 1998년부터 2001년까지 증가했다가 2003년까지 감소, 그 후 2008년까지 다시 증가하다가 2009년에 감소하는 경향을 보였다.

Rutledge(14)에 따르면 쌍태임신은 품종별로 다른 분포를 나타내어 Hereford종과 Angus종의 발생율은 1% 미만인데 비하여, Holstein종은 4% 이상으로 높았다고 하였는데, 본 연구에서는 국내 Holstein종에 한해서 조사한 결과 총 20,990두의 임신유우 중 820두 (평균 3.9%)가 쌍태임신을 하여 앞선 보고와 거의 유사한 결과를 나타내었다. 이는 개체 차이, 사육 환경과 사양 관리의 조건, 난소에 발정 유도를 위한 호르몬 요법의 약물 치료 및 자궁의 질환으로 인한 약물의 사용 여부 등에 의한 차이에 의한 것으로 추정한다. 호르몬 요법의 경우, 무발정우의 치료에 성선자극물질로서 PMSG, gonadotropin, 또는 FSH를 사용하고, 3~5일 후에 LH를 주사하는 방법이 사용되고 있는데 이 때에 과잉배란의 가능성이 있다(2). 출산 횟수가 증가함에 따라 쌍태임신 비율이 증가하는 이유는, 처녀우보다 경산우에서 여러 개의 난모세포(oocyte)가 배란되기 쉽기 때문일 것으로 사료된다(3).

소의 쌍태임신은 대부분 양측 자궁각성이나, 약 10%는 편측 자궁각성이라고 보고된 바 있으나, 조기 쌍태임신감정은 직장검사로 실시하는데 가장 이상적인 시기는 수정후 45 ± 5일이 매우 좋으며, 이차로는 건유기 감정은 수정후 200 ± 10

일에 중자궁 동맥을 촉진하여 태아의 생사 및 편측 및 양측 임신을 간접적으로 재확인하며 분만후에 쌍태 분만을 다시 한번 더 확인을 한 결과 편측 자궁각성의 경우 25%로 높은 발생을 보이는 것이 확인 되었다.

쌍태 출산에 대한 계절적 차이는 이미 보고된 바 있다(9). 이는 계절에 따른 광주기의 변화가 성 숙성과 배란율에 영향을 미치기 때문인 것으로 사료된다(10,15). Gregory 등(7)에 의하면 쌍태분만을 계절별로 보면 일반적으로 봄철 보다는 가을 철 분만이 유의적으로 높았다고 하였으며, Kinsel 등(12)은 미국 Idaho주의 경우 10~12월 및 1~3월 사이가 가장 높았다고 보고했다.

본 연구에서는 쌍태임신 총 820두 중에서 9~11월 33.3% (273두), 12~2월 22.9% (188두), 3~5월 24.9% (204두) 및 6~8월 18.9% (155두)로써 9~11월 임신이 가장 높아 Gregory 등이 보고한 것과 유사한 결과가 확인되었다.

또한 이성 쌍아의 경우에서는 암컷은 거의 freemartin이 되므로 특히 혈통이 좋은 유우라고 하더라도 착유우로 활용할 수 없게 되어 경제적인 손실이 매우 크다. 본 연구에서도 쌍태분만우 689두 중 이성 쌍아의 분만이 48.0% (335두)를 나타내었다.

본 연구에서 쌍태임신우의 분만 시기를 보면 절반 이상이 조산 (66.9%, 529두)이었고, 정상 (4.7%, 37두)은 5% 미만이었다. 임신 기간을 보면 쌍태분만우 (272.6일)는 단태분만우 (278.1일) 보다 임신 기간이 약 5.5일 짧았다.

사람의 경우에도 쌍태에서 임신기간이 더 짧다. 정상 임신기간이 37주~41주 6일이고, 쌍태의 평균 임신 기간은 36주 2일이다. 즉 다수의 쌍태아가 조산으로 출산되는데, 이들의 예후는 같은 주수의 단태아와 같다. 그래서 쌍태아가 조산으로 출산되는데, 이들의 예후는 같은 주수의 단태아와 같다. 그래서 쌍태아의 조산에 대한 기준이 별도로 정해진 것은 없다. 그러나 쌍태에서 과숙아(post-term)의 기준은 별도로 정해져 있다 (쌍태 40주, 단태 42주). 그 이유는 쌍태에서 40주 이후에 출산을 하면 태아의 예후가 불량하기 때문이다(1,4).

그러나 유우의 경우는 조기 분만이 많으며 여러 가지의 불리한 조건을 많이 발생하므로, 쌍태임신우의 임신 기간이 더 짧은 만큼 건유 예정일과 분만 예정일을 7일정도 앞당겨 실시하는 것이 좋다. 또한 vitamin D3, selenium and vitamin E 투여 시기와 사료전환 시기를 앞당겨서 모우의 건강을 유지하여 태반정체 및 제4위전위증의 발생율을 낮추는데 더욱 도움이 되도록 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Kinsel 등(12)에 의하면 쌍태분만 후 태반정체의 발생율이 높다고 보고하였는데, 본 연구에서도 단태분만보다 쌍태분만

시 태반정체 발생율이 약 4배 이상 높았고, 또한 제4위전위 증 발생율은 쌍태분만시기 단태분만시기 보다 약 2배 이상 높았다. 즉, 쌍태분만은 태반정체와 제4위전위증의 발생에 관련성이 있는 것으로 추정되므로, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이상의 결과를 종합하여 볼때, 본 연구로 국내에서 사육 중인 유우에 있어 연도별 쌍태임신율, 임신 형태, 계절별 쌍태임신율, 자우의 성별, 분만 형태, 임신 기간, 쌍태분만에 따른 태반정체 발생율과 제4위전위증 발생율에 대한 수의 임상 분야에 참고가 될 기초 자료를 정리하였다고 생각하고, 본 연구 자료를 기초로 하여, 향후 추가적인 연구가 진행되길 기대한다.

결 론

1998년부터 2009년까지 12년간에 걸쳐 경기도 고양시 및 파주시 일원의 목장에서 사육중인 임신유우 20,990두를 대상으로 다음과 같은 결론을 얻었다. 쌍태임신율은 총 20,990두 중 820두로써 약 3.9%를 나타내었다. 쌍태임신우 380두 중 양측 자궁각성 임신우는 75% (285두)였고, 편측 자궁각성 임신우는 25% (95두)로 나타내었다. 계절별 임신율은 820두 중 9~11월은 약 33.3% (273두)로 가장 높았으며, 3~5월은 약 24% (204두), 12~2월은 약 22.9% (188두), 6~8월은 약 19.9% (155두)의 순으로 연중 쌍태임신은 발생되었다. 출산된 자우의 성별 분포는 698두 중 이성 쌍아 분만은 약 48.0% (335두)이고, 동성 쌍아 분만은 약 50.4% (352두)로 나타나 거의 유사하였으며, 이성 쌍아의 경우 암컷은 대부분 freemartin 이었다. 분만 시기는 791두 중 조기 분만이 약 66.9% (529두)로 가장 많았고, 유산율은 약 18.4% (146두)로 높게 나타났다. 단태와 쌍태임신 기간은 단태임신우는 약 278일이었고 쌍태임신우는 약 273일로써 약 5일 정도 쌍태임신우가 조산하는 것으로 밝혀졌으므로, 건유 예정일, 분만 예정일 및 사료전환 시기를 단태임신우 보다 5일 이상 앞당겨 실시하여야 한다. 단태와 쌍태분만 후 태반정체 발생율은 단태분만우는 약 8.5%이고 쌍태분만우는 약 34.8%로 4배 이상 높게 나타났으며, 제4위전위증 발생율은 단태분만우는 약 4.9%이고 쌍태분만우는 약 10.2%로 2배 이상 높게 나타내었다. 결론적으로 본 연구 결과 쌍태임신우에 대해서 특별한 관심을 갖고 건유 예정일, 분만 예정일 및 사료전환 시기를 5일 이상 앞당겨 결정해야하며 분만후 태반정체와 대사성 질병 (제4위전위증, 케톤증 등)을 예방하기 위해서는 vitamin

D3, selenium, vitamin E 투여시기 조절과 산전 및 산후 관리를 철저히 하여 좋은 결과를 초래하기를 기대한다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2010-0024553).

참 고 문 헌

1. 대한 산부인과학회. 산과학 (4판), 서울: 군자출판사. 2007: 607-608.
2. 조충호. 수의산과학, 서울: 영재교육원. 1981: 326-348.
3. Cady RA, Van Vleck LD, Factors affecting twinning and effects of twinning in Holstein dairy cattle. *J Anim Sci* 1978; 46: 950-956.
4. Cunningham F, Leveno K, Bloom S, Hauth J, Rouse D, Spong C. Williams Obstetrics, 23rd ed. Cunningham: McGraw-Hill. 2009: 869-870.
5. Dickerson GE, Guerra-Martinez P, Anderson GB and Green R. Twinning and efficiency of beef production. *Beef Res Prog Rep* 1988; 3: 31-33.
6. Eddy RG, Davies O and David C. An economic assessment of twin births in British dairy herds. *Vet Rec* 1991; 129: 526-529.
7. Gregory KE, Echternkamp SE, Dickerson GE, Cundiff LV, Koch RM and Nan Vleck LD. Twinning in cattle: I. Foundation animals and generic and environmental effects on twinning rate. *J Anim Sci* 1990; 68: 1867-1876.
8. Hendy CR, Bowman JC. twinning in cattle. *Anim Breed Abstr* 1970; 38: 22-27.
9. Johansson I. The sex ratio and multiple births in cattle. *Z Tierz Zuechtungsbiol.* 1932; 24: 183-268.
10. Johansson I, Lindhe B and Pirchner F. Causes of variation in the frequency of monozygous and dizygous twinning in various breeds of cattle. *Hereditas* 1974; 78: 201-234.
11. Karlsten A, Ruane J, Klemental G and Heringstad B. Twinning rate in Norwegian cattle: Frequency, (co)variance components and generic trends. *J Anim Sci* 2000; 78: 15-20.
12. Kinsel ML, Marsh WE, Ruegg PL and Etherington WG. Risk factors for twinning in dairy cows. *J Dairy Sci* 1998; 81: 989-993.
13. Maijala K and Osva A. Genetic correlations of twinning frequency with other economic traits in dairy cattle. *J Anim Breed Genet* 1990; 107: 7-15.
14. Rutledge JJ. Twinning in cattle. *J Anim Sci* 1975; 40: 903.
15. Schillo KK, Hall JB and Hileman SM. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in beef heifers. *J Dairy Sci* 1992; 70: 3994-4005.