

비발정 재귀율을 이용한 한우 보증씨수소 수정능력의 상대적 추정치 분석

윤성재¹ · 황채현² · 이시화³ · 이명식⁴ · 이준섭¹ · MD Saidur Rahman¹ ·

권우성¹ · 박유진¹ · 유영아¹ · 방명걸^{1,†}

¹중앙대학교 자연과학대학 생명자원공학부 동물생명공학과전공, ²유모크라시, ³단계 가축인공수정소, ⁴국립축산과학원

Analysis of Estimation of Relative Conception Rate on Korean Proven Bull Number Semen using Non-return Rate

Sung-Jae Yoon¹, ChaeHyeon Hwang², Si-Hwa Lee³, Myeung-Sik Lee⁴, June-Sub Lee¹, MD Saidur Rahman¹, Woo-Sung Kwon¹, Yoo-Jin Park¹, Young-Ah You¹ and Myung-Geol Pang^{1,†}

¹Department of Animal Science and Technology, School of Bioresource & Bioscience, Chung-Ang University, Anseong 456-756, Korea

²UMOCRACY, Gyeongsangnam-do 642-916, Korea

³Dan-gye Artificial Insemination Center, Gyeongsangnam-do 666-952, Korea

⁴National Institute of Animal Science, Rural Development Association, Kangwon-Do 232-950, Korea

ABSTRACT

The decreased fertility is frequently thought to be problem of cattle production. However, studies figure out that number of these problems is related to bull factors especially in artificial insemination setting. Therefore, this study was designed to investigate the fertility status of bull by their estimated relative conception rate of cows that were inseminated by frozen semen from Korean proven bulls. Here we use the non-return rate (NRR) to access the bull fertility whereas, the NRR was define as the proportion of bulls that semen were used to inseminate cows and the number of cows that did not return for another service within 60 days. The data from 54,388 artificial inseminations (AI) were analyzed from 88 KPN semen. The NRRs of highest and lowest fertile bull were 83.81 and 51.33%, respectively. And mean NRR was 68.27%. In comparison to previously reported study, our data shows 17.38% higher NRR and the absolute value of difference in 50%>NRR and 50%<NRR group was 22.17 and 10.51, respectively ($p < 0.001$). In conclusion, the decreased fertility might consider as key aspect in achieving considerable conception of cows in existing integrated farming system at Korea.

(Key words : Hanwoo, KPN semen, Artificial insemination, Non-return rate, Estimated relative conception rate)

서 론

1950년대 가축에서 인공수정이 소개되면서 동결정액을 이용한 인공수정은 소의 생산효율 및 이용효율을 증진시키기 위한 보편적인 방법으로 사용되고 있다(Parkinson, 2004). 현재 전세계적으로 소에서 70% 이상이 동결정액을 이용한 인공수정을 통한 유전적 개량을 실시하고 있다. 그 중 임신 성공률은 50% 내외로 만족스럽지 못한 실정이다(Peddinti 등, 2008). 인공수정시 임신 성공률은 여러 요인에 의해 영향을 받는데, 가장 큰 요인은 씨수소의 고유한 수태능력이다(Park 등, 2012). 즉, 씨수소의 수태 능력은 중요한 경제형질로, 이에 의해 농가의 경제적 손

익이 결정된다. 따라서 농가의 이익을 극대화하기 위하여는 씨수소 선발시 씨수소의 유전적 능력외에 수태능력에 대한 정보도 함께 제공되어야 한다.

한우는 농가의 중요한 경제동물로 고품질 쇠고기 생산을 위해 선발된 한우 보증씨수소 동결정액을 이용하여 인공수정을 시행하고 있다. 하지만 농가에 보급하는 보증 씨수소 동결정액에 대한 정보에는 씨수소의 번식능력은 제공되지 않고 있다(박 등, 2012; 이 등, 2010).

소의 임신성공률을 측정하는 여러 방법이 개발되어 왔는데, 미국에서 사용하는 방법이 보편적으로 이용되고 있다. 미국에서는 수태율 산출에 있어 지역별로 두 가지 방식을 사용한다. 동부의 중소 규모의 목장에서는 상대적 추정 수태율을 이용하는 방식을 사용하고, 서부의 큰 규

* 본 연구는 농촌진흥청 15대 아젠다 과제(과제번호: PJ008415)의 지원에 의해 이루어짐.

† Corresponding author : Phone: +82-31-670-4841, E-mail: mgpang@cau.ac.kr

모의 목장에서는 주로 Western Bull Fertility Analysis 를 사용한다. 상대적 추정 수태율은 첫번째 인공수정 이후 70일 동안 발정재귀가 오지 않는 소를 수태된 것으로 간주하고, 비발정 재귀율(NRR, Non-Return Rate)을 이용하여 수태율을 추정하는 방법이다(Weigel, 2006; 이 등, 2010). 비발정 재귀율은 교배된 암컷의 총 두수에 대하여 교배 후 특정기간 내 발정이 재귀되지 않은 두수의 백분율을 말한다(Linford 등, 1976). 이러한 추정치는 소의 번식효율을 판정하거나 인공수정에 공용된 수소의 수태능력을 판정하는데 있어서 중요한 지표로 농가에 제공되어 복미소의 번식효율을 높여왔다(박 등, 2012). 그러나 우리나라에선 씨수소의 수태능력은 경제적으로 농가에 매우 중요한 요소임에도 불구하고 한우 농가에 제공되는 자료는 도체 성적, 근친 씨수소 내역 및 체형 성적 등으로 한정되어 있다(이 등, 2010).

본 연구는 비발정 재귀율을 이용하여 한우 보증씨수소의 수정능력을 비교 분석하여 한우 농가에서 씨수소의 선발지표로 사용할 수 있는 참고자료로 활용할 수 있도록 하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2010년 1월 1일부터 2011년 12월 31일까지 88개체의 한우 보증씨수소를 사용한 54,388회의 인공수정 기록을 이용하였다. 인공수정은 충청남도, 경상북도, 경상남도의 암소를 대상으로 임의의 수정사가 임의의 암소에 실시하였다. 인공수정 후 60일간 발정재귀가 오지 않은 개체는 수태된 것으로 가정하고, 재수정을 시행한 개체는 수태되지 않은 것으로 가정하였다. 각 수정사로부터 입력된 인공수정 데이터의 결과는 가축 인공수정 프로그램(가인수 4.0, 유모크라시, 한국)을 통해 기록되어 중앙서버에서 취합하여 관리하였다. 이렇게 얻어진 데이터 중 100회 이상의 인공수정을 시행한 한우 보증씨수소 67개체의 48,781회 인공수정 시행 결과를 스프레드시트 프로그램(Excel)을 이용하여 분석하였고, 분석을 통해 얻어진 데이터는 통계 프로그램(SPSS 12.0)을 사용하여 비교하였다. 비발정 재귀율의 차이를 T-test를 이용하여 비교하였고, $p < 0.001$ 일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결과 및 고찰

소에 있어서 수정후 28~35일의 비발정 재귀율은 60~90일보다 10~15% 높게 나타난다. 그 원인은 초기배의 사멸에 있다. 반면, 60~90일과 150~180일의 비발정 재귀율은 1~2% 정도로 큰 차이가 없으므로 60~90일의 비발정 재귀율이 광범위하게 응용된다.

수정시 발정감지를 정확히 시행하고 초기 배의 사멸을 '0'로 가정한다면 비발정 재귀율은 수태율의 정확한 지표가 될 수 있다. 그러나 수정은 정자의 수태성 및 암소 생식기의 내부 환경 등 다양한 요인에 영향을 받는다(Murray 등, 1983; stalhammer 등, 1994). 분만후 수태율을 측정하는 것이 가장 정확한 지표가 될 수 있으나, 비발정 재

Table 1. Non-return rate (NRR) of Korean proven bulls semen

KPN No.	No. of AI trials	No. of Non-Return	NRR (%)
KPN584	629	370	58.82
KPN586	320	187	58.44
KPN590	265	186	70.19
KPN593	2,417	1,666	68.93
KPN612	293	181	61.77
KPN614	815	524	64.29
KPN622	1,092	728	66.67
KPN626	286	179	62.59
KPN631	371	227	61.19
KPN634	930	608	65.38
KPN637	539	358	66.42
KPN641	492	299	60.77
KPN653	2053	1,380	67.22
KPN654	1,064	729	68.52
KPN655	113	58	51.33
KPN656	519	289	55.68
KPN658	582	355	61.00
KPN661	856	577	67.41
KPN665	308	211	68.51
KPN666	1,123	714	63.58
KPN667	632	345	54.59
KPN668	1,143	838	73.32
KPN669	224	120	53.57
KPN673	1,015	649	63.94
KPN676	1,396	959	68.70
KPN677	586	384	65.53
KPN681	897	616	68.67
KPN683	689	494	71.70
KPN684	235	188	80.00
KPN685	2,147	1,510	70.33
KPN688	821	584	71.13
KPN689	1,848	1,187	64.23
KPN690	641	412	64.27
KPN691	1,092	767	70.24
KPN694	1,405	993	70.68
KPN695	1,647	1,218	73.95
KPN696	1,148	798	69.51
KPN699	1,520	1,057	69.54
KPN700	285	185	64.91
KPN706	263	168	63.88
KPN707	150	92	61.33
KPN708	131	86	65.65
KPN709	1,437	1,018	70.84

Table 1. Continued

KPN No.	No. of AI trials	No. of Non-Return	NRR (%)
KPN710	1,153	825	71.55
KPN712	295	161	54.58
KPN717	487	339	69.61
KPN723	560	376	67.14
KPN725	1191	806	67.67
KPN726	702	493	70.23
KPN728	574	422	73.52
KPN730	556	406	73.02
KPN734	113	86	76.11
KPN738	128	98	76.56
KPN742	397	317	79.85
KPN752	194	153	78.87
KPN753	531	382	71.94
KPN757	1,252	910	72.68
KPN758	272	203	74.63
KPN763	798	486	60.90
KPN764	257	176	68.48
KPN768	753	545	72.38
KPN769	896	655	73.10
KPN771	643	487	75.74
KPN780	105	88	83.81
KPN879	104	82	78.85
KPN906	239	183	76.57
KPN909	162	132	81.48
Total	48,781	33,305	68.27

귀율을 사용하면 출산까지 기다리지 않고도 조기 선별이 가능하여 시간과 자원을 아낄 수 있다는 장점이 있다 (Koops 등, 1995).

조사한 씨수소중 KPN684, KPN734, KPN738, KPN742, KPN752, KPN771, KPN780, KPN879, KPN906, KPN909 개체는 각각 80.00%, 76.11%, 76.56%, 79.85%, 78.87%, 75.74%, 83.81%, 78.85%, 76.57%, 81.48%로 평균 75%보다 높은 비발정 재귀율을 보였다. 가장 높은 비발정 재귀율을 보인 개체는 KPN909(83.38%)였고, 가장 낮은 비발정 재귀율을 보인 개체는 KPN655(51.33%)로 그 차이는 32.48%로 나타났다. 즉, 씨수소에 의해 생산성이 같은 농장에서도 30% 이상 발생할 수 있음을 시사한다. 이 등(2010)의 상대적 추정 수태율 자료 중 본 연구에 사용된 것과 일치하는 개체의 비발정 재귀율을 비교해 본 결과, 각각 3,456회 인공수정 중 1,672회(48.45%), 35,413회 인공수정 중 23,767회(65.60%)로 나타났다(Table 2). 본 연구와 이 등(2010)이 수집한 자료중 일치하는 개체의 비발정 재귀율을 따로 수집하여 본 연구의 자료를 NRR1으로 이 등(2010)의 자료를 NRR2로 표기하였다. NRR1과 NRR2의 차이에 대한 절대값의 평균은 17.38였다. NRR2 중 비발정 재귀율이 50% 미만인 개체와 50% 이상인 개체들을 분류

Table 2. Non-return rate of Korean proven bulls semen in the present study (NRR1) compared with previously reported data (NRR2)

KPN No.	NRR 1 (%)	NRR 2 (%)	*NRR Δ
KPN584	58.82	54.32	4.50
KPN586	58.44	54.67	3.77
KPN590	70.19	44.44	25.75
KPN593	68.93	38.73	30.20
KPN612	61.77	35.53	26.24
KPN614	64.29	33.75	30.54
KPN622	66.67	41.98	24.69
KPN626	62.59	36.84	25.75
KPN631	61.19	47.67	13.52
KPN634	65.38	52.98	12.40
KPN637	66.42	50.56	15.86
KPN641	60.77	58.89	1.88
KPN653	67.22	53.25	13.97
KPN654	68.52	48.48	20.04
KPN655	51.33	43.28	8.05
KPN656	55.68	64.06	-8.38
KPN658	61.00	39.74	21.26
KPN661	67.41	46.97	20.44
KPN665	68.51	41.54	26.97
KPN666	63.58	35.09	28.49
KPN667	54.59	43.21	11.38
KPN668	73.32	60.42	12.90
KPN669	53.57	57.14	-3.57
KPN673	63.94	46.77	17.17
KPN676	68.70	56.60	12.10
KPN677	65.53	58.14	7.39
KPN681	68.67	40.35	28.32
KPN683	71.70	59.62	12.08
KPN684	80.00	45.45	34.55
KPN685	70.33	52.00	18.33
KPN688	71.13	47.76	23.37
KPN689	64.23	50.00	14.23
KPN690	64.27	60.71	3.56
KPN691	70.24	52.50	17.74
KPN694	70.68	37.50	33.18
KPN695	73.95	61.29	12.66
KPN696	69.51	42.17	27.34
KPN699	69.54	32.14	37.40
KPN700	64.91	45.98	18.93
KPN706	63.88	50.00	13.88
KPN707	61.33	47.44	13.89
Total	65.43	48.05	17.38

* NRR Δ: difference between NRR1 and NRR2

하여 NRR1의 개체들과 비교했을 때 각각의 차이에 대한 절대값은 22.17과 10.51로 나타나, 두 배 이상 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.001$, Table 3, 4). 개체간 수정능력은 정자의 생존능력과 관련이 있기 때문에 수정능력이 낮은 개체일수록 사육환경 등 다양한 요인에 영향을 받는다(Sokol, 1988; Thomas 등, 1997). 위와 같은 결과는 낮은 수태율의 정자는 어떤 원인인지는 모르나 수태능력이 떨어지기 때문에 수소의 수태능력 외 다양한 요인에 의해 영향을 받을 확률이 높은 것으로 생각된다.

수태율에 영향을 미치는 요인으로는 수소의 번식능력, 암소의 번식능력, 사양환경, 인공수정사의 숙련도 등이 있다. 수소의 번식능력이라고 할 수 있는 정자의 상태뿐만 아니라 초기 배 사멸, 암소 생식기관의 환경, 영양상태, 발정과약의 정확도, 인공수정사의 기술 숙련도, 기록의 방식과 정확성 등 수많은 요인들의 상호작용에 의해서

Table 3. The absolute value of difference between non-return rate of Korean proven bulls semen (NRR1) and previously reported data (NRR2) (NRR2 < 50%)

KPN No.	Δ
KPN590	25.75
KPN593	30.20
KPN612	26.24
KPN614	30.54
KPN622	24.69
KPN626	25.75
KPN631	13.52
KPN654	20.04
KPN655	8.05
KPN658	21.26
KPN661	20.44
KPN665	26.97
KPN666	28.49
KPN667	11.38
KPN673	17.17
KPN681	28.32
KPN684	34.55
KPN688	23.37
KPN694	33.18
KPN696	27.34
KPN699	37.40
KPN700	18.93
KPN707	13.89
Average	22.17

수태율이 달라질 수 있다(Murray 등, 1983; Nadarajah 등, 1988; Stalhammer 등, 1994). 또한, 최근 전반적인 사양기술 및 인공수정기술의 발달로 인해 과거에 비해 수태율이 증가하였다(Refsdal, 2007).

본 연구에서는 인공수정 결과중 개체별로 100회 이상을 사용한 한우 보증씨수소 67두의 자료를 분석한 결과, 총 48,781회의 인공수정 중 33,305회의 성공율로 평균 68.27%의 비발정 재귀율을 보였다(Table 1). 이는 이 등(2010)이 발표한 한우 씨수소 116두의 후대검정우를 이용하여 8,892회 인공수정을 실시한 결과인 47.06%보다 유의적으로 높은 결과이다($p < 0.001$). 특히 KPN699의 경우 56마리의 암소에게 인공수정을 실시한 결과 32.14%의 비발정 재귀율을 보였지만(이 등, 2010), 본 연구에서, 1,520마리의 암소에게 인공수정을 시행한 결과 69.54%로 두 배 이상 높은 수태능력을 보였다.

Clay와 McDaniel(2001)에 의하면 인공수정 횟수가 많을수록 정확한 수태율을 얻을 수 있고, 충분한 횟수의 인공수정을 하였을 때에만 신뢰할 만한 수태능력의 추정치를 얻을 수 있다고 하였다. 이 등(2010)의 결과는 두 개체를 제외하고는 100회 미만의 인공수정을 시행하였기 때문에 반복수가 충분치 않다고 생각된다. 이에 의해 암소의 수태능력 등 외부 요인의 영향이 상대적으로 크게 작

Table 4. The absolute value of difference between non-return rate of Korean proven bulls semen (NRR1) and previously reported data (NRR2) (NRR2 > 50%)

KPN No.	Δ
KPN584	4.50
KPN586	3.77
KPN634	12.40
KPN637	15.86
KPN641	1.88
KPN653	13.97
KPN656	8.38
KPN668	12.90
KPN669	3.57
KPN676	12.10
KPN677	7.39
KPN683	12.08
KPN685	18.33
KPN689	14.23
KPN690	3.56
KPN691	17.74
KPN695	12.66
KPN706	13.88
Average	10.51

용하였을 것으로 추측된다. 따라서 정확한 씨수소 수태능력을 측정하기 위해서는 인공수정 시행횟수를 100회 이상 시행하여야 한다고 생각된다.

본 연구의 결과에 따르면 수소의 개체 차이는 최대 32.48%의 비발정 재귀율의 차이를 보였다. 또한, 비발정 재귀율이 높은 개체는 상대적으로 연구간 비발정 재귀율의 차이가 유의적으로 50% 이상 낮게 나타나 더욱 안정적인 수태율을 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 결과는 씨수소의 번식능력이 수태율에 큰 영향을 미치며, 인공수정 횟수도 수태율을 예측하는데 중요한 요소임을 알 수 있다. 수태율은 곧바로 농가의 수익과 직결되는 중요한 요소이다. 향후 이러한 자료들이 씨수소 선택의 지표로 활용된다면 농가 수익과 수태율 증가에 도움을 줄 것이라고 생각된다.

인용문헌

1. Clay JS, McDaniel BT (2001): Computing mating bull fertility from DHI nonreturn data. *J Dairy Sci* 84: 1238-1245.
2. Koops WJ, Grossman M, Den Daas JH (1995): A model for reproductive efficiency of dairy bulls. *J Dairy Sci* 78:921-928.
3. Linford E, Glover FA, Bishop C, Stewart DL (1976): The relationship between semen evaluation methods and fertility in the bull. *J Reprod Fertil* 47:283-291.
4. Murray BB, Scheffer LR, Burnside EB (1983): Heritability of nonreturn rate of Canadian Holstein-Friesian bulls. *Can J Anim* 63:39-48.
5. Nadarajah K, Burnside EB, Schaeffer LR (1988): Genetic parameters for fertility of dairy bulls. *J Dairy Sci* 71:2730-2734.
6. Parkinson TJ (2004): Evaluation of fertility and infertility in natural service bulls. *Vet J* 168:215-229.
7. Park YJ, Kwon WS, Oh SA, Pang MG (2012): Fertility-related proteomic profiling bull spermatozoa separated by percoll. *J Proteome Res* 11:4162-4168
8. Peddinti D, Nanduri B, Kaya A, Feugang JM, Burgess SC, Memili E (2008): Comprehensive proteomic analysis of bovine spermatozoa of varying fertility rates and identification of biomarkers associated with fertility. *BMC Syst Biol* 22:2-19.
9. Refsdal AO (2007): Reproductive performance of Norwegian cattle from 1985 to 2005: trends and seasonality. *Acta Vet Scand* 13:49-55.
10. Sokol RZ (1988): Bull sperm as an internal control in the sperm penetration assay. *Fertil Steril* 50:529-531.
11. Stålhammar EM, Janson L, Philipsson J (1994): Genetic studies on fertility in A.I. bulls. II. Environmental and genetic effects on non-return rate of young bulls. *Anim Reprod Sci* 34:193-207.
12. Stålhammar EM, Janson L, Philipsson J (1994): The impact of sperm motility on non-return rate in pre-selected dairy bulls. *Reprod Nutr Dev* 34:37-45.
13. Thomas CA, Garner DL, DeJarnette JM, Marshall CE (1997): Fluorometric assessments of acrosomal integrity and viability in cryopreserved bovine spermatozoa. *Biol Reprod* 56:991-998.
14. Weigel KA (2006): Prospects for improving reproductive performance through genetic selection. *Anim Reprod Sci* 96:323-330.
15. 박새롬, 홍민욱, 김훈, 이승규, 이영섭, 김진우, 이학교, 정동기, 김종복, 송영환, 이성진 (2012): 강원 영동지방 암소 인공수정에 이용된 한우보충씨수소 정액의 인공수정 실패율 분석 및 동결정액정상 분석. *Reprod Dev Biol* 36:27-32.
16. 이성수, 노승희, 박노형, 원유석 (2010): 한우 씨수소의 상대적 수정능 추정에 관한 연구. *J Emb Trans* 25: 57-66.

(접수일자: 2012. 9. 10 / 채택일자: 2012. 9. 17)