

과배란 처리에 따른 한우와 칩소 체내 수정란 생산 효율과 수정란이식 수태율

박해금¹ · 김남태¹ · 김성우¹ · 김현¹ · 도윤정¹ · 염규태¹ · 박수봉¹ · 김재환¹ · 김동훈¹ · 조재현², 고응규^{1,*}

농촌진흥청 국립축산과학원 가축유전자원시험장

Effect of *In Vivo* Embryo Production and Pregnancy Rate of Embryo Transfer following Superovulation in Hanwoo and Chickso

Hae-Geum Park¹, Nam-Tae Kim¹, Sung-Woo Kim¹, Hyun Kim¹, Yoon-Jung Do¹, Gyu-Tae Yeom¹, Soo-Bong Park¹, Jae-Hwan Kim¹, Dong-Hun Kim¹, Jae-Hyeon Cho² and Yeoung-Gyu Ko^{1,*}

¹Animal Genetic Resources Station, National Institute of Animal Science, RDA, Namwon 590-832, Korea

²Institute of Life Science, College of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the comparison of transferable embryos and pregnancy rate between Hanwoo and Chickso. The results obtained were as follows: No differences were observed in the efficiency of superovulation rates on Hanwoo 78%, and Chickso 85%, respectively. The mean number of total embryos are each 14.76±2.16 and 6.23±1.07. So the mean number of transferable embryos are each 10.94±1.91 and 4.58±1.05. In addition, the mean number of total Hanwoo embryo from <10 and 10≤ of corpora luteum was 0.50±0.50, 11.56±1.92, respectively. In case of Chickso, The mean number of transferable embryo from <10 and 10≤ of CL was 2.75±1.39, 6.00±1.00, respectively. The pregnancy rates were Hanwoo 40%, and Chickso 37% following transfer of fresh embryos produced *in vivo*. Also, the pregnancy rates of Chickso 60% were significantly greater (*p*<0.05) than the Hanwoo 42.48% following transfer of following transfer of frozen embryos, respectively. In conclusion, these results suggest that Chickso may be effectively used for transferable embryos production in Hanwoo. Although the transferable embryos number was not enough, it seems the Chickso greatly affect pregnancy rate. The results indicated that the possibility of transferable embryos from Chickso for embryo transfer could be confirmed in this study. Based on the present findings, it was suggested that it is very important to evaluate *in vivo* embryo production and pregnancy rate of embryo transfer following superovulation for effective Hanwoo and Chickso production.

(Key words : Embryo transfer, *In-vivo* embryo, Superovulation, Pregnancy rate, Chickso)

서 론

최근 한·EU FTA 발효, 한·미 FTA 비준, 한·중 FTA 사전협약 등 FTA를 통한 개방화 속도가 빠르게 진행되고 있으며, 향후 DDA(Doha Development Agenda)협상 타결 시 농산물 개방 폭은 더욱 확대되는 등 해외로부터 육우 수입이 더욱 증가될 것이다. 더불어 국내 한우 사육두수 증가에 따른 시세 폭락 등의 어려운 상황에서 안정적인 수익 창출과 함께 지속 가능한 축산을 위하여 생산성 향상을 위한 기술 개발이 중요시 되고 있는 현실이다. 이러한 대내외의 어려운 사육환경 하에서 한우 번식우 사육능가는 고급육 생산이 가능한 고능력 우량 한우 개량 및 증식에 관심이 고조되고 있다.

수정란 이식은 우수 유전형질을 보유하고 있는 암 가축으로부터 다수의 수정란을 회수하여 다른 개체에 이식

후 자축을 생산함으로써 우수한 유전형질을 가진 개체를 효과적으로 증식시킬 수 있고, 형질이 동일한 다수의 자축을 단시간 내에 생산 가능하므로 가축의 능력 개량에 매우 유용한 수단으로 활용되고 있다(Christensen, 1991). 수정란 대량 확보를 위하여 공란우의 발정주기에 관계없이 임의의 시기에 progesterone 방출기구를 자궁 내 삽입하고, 성선자극 호르몬을 주사하여 과배란 처리를 하여 수정란의 회수 및 수정란이식을 하는 MOET(Multiple Ovation and Embryo Transfer)기법이 일반적으로 이용되고 있다(Seidel, 1981; 손 등, 2000; Andrade 등, 2003). 그러나 이식 가능한 수정란 생산효율은 공란우의 연령, 산차, 체중, 계절, 과배란 처리 횟수, 간격 그리고 영양상태에 따라 영향이 크고(Isogai 등, 1993), 게다가 공란우 개체에 따른 난소 반응의 차이(Shea 등, 1984), 성선자극 호르몬의 종류(Goulding 등, 1991; Staigmiller 등, 1992), 호르몬 투여량(Pawlyshyn 등, 1986), 과배란 처리 방법(Yamamo-

* Corresponding author : Phone: +82-63-620-3535, E-mail: kog4556@korea.kr

to 등, 1994; 임 등, 1998)에 따라 다르다고 많은 연구자가 보고하고 있다. 또한, 수정란이식 후 수태율과 직접적으로 연관이 있는 요인으로서 수정란 선택에 따른 수정란의 발육 단계와 질(Linder and Wright, 1983), 수란우의 신체 충실도, 수정란이식 시술자의 기술적 숙련도 등에 따라 많이 좌우된다. 최근에는 MOET 기법이 한우 개량 및 조기증식뿐만 아니라 재래 품종 또는 희소 품종의 유전자원 보존 및 조기증식을 위한 유용한 수단으로 활용 범위가 확대되고 있다.

국내 사육 중인 희소 한우 중 최소 약 1,400두, 제주흑우 700두, 백우 8두로 사육규모가 미비하고, 멸종 위기 상태에 있다. 경제적 산업적으로도 이들 희소 한우에 대한 관심은 날로 증대되고 있으나, 희소 한우의 보존 증식 연구는 아직 부족하여 조기 증식에 의한 보존 및 개량 할 수 있는 기반을 조성할 필요성이 있다. 더불어 국내 한우 유전자원으로서 다양성 유지와 특성평가를 위한 측면에서도 최소 유전자원의 증식 및 보전관리 이용 활성화를 위해 최소 유전자원의 보존 조기증식 개량이 필요하다. 이를 위해 수정란을 안정적으로 다수 생산하는 과배란 처리에 의한 수정란 채란 및 이식기술의 응용은 최소 유전자원의 조기증식을 가속화하는 가장 기초적이며, 매우 중요한 과제라고 할 수 있다.

따라서 본 연구는 국립축산과학원 가축유전자원시험장에서 보유 중인 한우와 최소의 보존 및 조기증식 기반을 구축하고자 공란우 과배란 처리시 과배란반응을, 황체수에 따른 체내 수정란의 채란 성적, 신선 수정란과 동결 수정란이식 수태율을 비교 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

공시축

본 연구는 국립축산과학원 가축유전자원시험장에 보유 한우 중 번식장애가 없고 형질이 우수한 한우 23두와 최소 13두를 공란우로 선발하여 시험에 공시하였다. 수란우는 가축유전자원시험장에서 사육 중인 한우로서 직장검사를 실시하여 건강한 생식기를 갖고 있고 황체가 우수하다고 판단된 개체로 분만 후 60일 이상된 개체 중 자궁이 회복된 개체를 선발하여 본 연구에 공시하였다. 연구에 사용된 동물관리 및 절차는 국립축산과학원 동물복지위원회(Suwon, Korea)의 승인을 얻었다.

공란우의 과배란처리 및 인공수정

시험축은 공란우의 발정주기와 관계없이 0일째 Progesterone Releasing Intravaginal Device(CIDR-plus, InterAg, New Zealand)를 질내 삽입하고, 4일째부터 FSH(Antorin, 2AU=1 ml, Kawasaki Mitaka, Japan)를 4일에 걸쳐 28AU 근육주사하였으며, CIDR 삽입 후 7일째 PGF₂ α (Lutalyse™, Phamacia Co., Belgium)를 오전 25 mg, 오후 15 mg을 12시간 간격으로 근육주사 하였으며, CIDR를 제거하였다. 인공수정은 PGF₂ α 주사 후 48시간 전후 발정을 확인하고, 12시간 간격으로 동결정액을 이용하여 인공수정을 2회 실시하였으며, 1차 인공수정 후 100 μg GnRH(Fertagyl™, Intervet, Holland)를 근육주사 하였다.

수정란 회수 및 평가

인공수정 후 7일째에 3-way catheter를 이용하여 비외과적인 방법으로 수정란을 회수하였다. 채란 전 공란우는 2% Lidocaine(대한약품)으로 경막의 마취를 한 후, 수정란의 채란을 원활하게 하기 위해 점액 제거기를 이용하여 자궁경관내 점액을 완전히 제거하였다. 회수를 위한 관류액은 Embryo Collection Medium(Agtech, Biolife™, USA)를 이용하였고, 수정란 회수가 완료되면 PGF₂ α를 주사하여 자궁내에 잔류하고 있는 수정란이 수태되지 않도록 퇴화 시켰다. 채란이 완료된 수정란을 실체현미경을 이용하여 회수한 후, 수정란의 평가는 Manual of the International Embryo Transfer Society(Stringfellow와 Seidel, 1998)의 기준에 따라 Code 1(Excellent or Good)과 Code 2(Fair)로 평가된 수정란은 이식 가능 수정란, Code 3(Poor)과 Code 4(Dead or Degenerating)로 평가된 수정란은 이식 불가능 수정란으로 구분하였다. 이 중에서 Code 1과 Code 2로 평가된 수정란만을 이식하거나 동결 보존에 활용하였다.

수정란 동결 및 융해

채란된 수정란은 DPBS(GIBCO, 1×) 배양액에 0.5% Bovine Serum Albumin(IFP, Japan)을 첨가하여 2~3회 세척한 다음, 1.8M의 ethylene glycol이 함유된 동결보호제에 수정란을 침지시켜 실온에서 약 10분간 평형을 시킨다. 그리고 0.25 ml 수정란이식용 플라스틱 스트로우 내에 수정란을 장착하였다. 수정란의 동결은 Auto-computer Programmable 동결기(CL 863, USA)를 사용하여 실시하였다. 동결기의 개시온도를 18°C로 설정한 뒤 스트로우를 chamber에 넣고 -7°C까지 분당 1°C씩 하강시킨 후 10분간 정지되는 동안 seeding을 실시하고 최종 동결 온도인 -35°C까지 도달하기 위해 1분에 0.3°C 속도로 온도를 하강시킨 후 액체질소에 침지하였다. 이식할 수정란의 생존을 확인하기 위해 공기 중에 약 10초간 노출시킨 후 37°C의 항온수조에서 약 20초간 융해 후 체외배양액(IVD 101, Japan)으로 옮겨 배양을 실시하여 생존이 확인된 수정란만을 수정란이식에 이용하였다.

수정란 이식 및 임신감정

수정란이식에 사용한 수정란은 Code1, Code2로 평가된 수정란만을 이식에 사용하였다. 수란우는 Progesterone Releasing Intravaginal Device(CIDR-plus, InterAg, New Zealand)와 PGF₂ α (Lutalyse™, Phamacia Co., Belgium)를 이용하여 동기화 처리 후 발정 상태가 양호하고 발정주기 7~8일에 직장검사법을 통해 황체를 검사하여 뚜렷한 황체가 있는 개체를 선발하였다. 2% Lidocaine(대한약품) 5 ml로 경막의 마취를 실시한 후 황체가 존재하는 자궁각에 이식하였다. 수정란이식 후 발정 재귀일에 임신 여부를 1차적으로 확인하였으며, 이식 후 약 70일 후 직장검사 및 초음파 검사에 의하여 임신 여부를 최종 판단하였다.

통계처리

한우와 최소의 과배란 반응율, 황체수에 따른 이식가능 수정란 수와 수태율의 유의성 분석은 SAS program을 이용하였고, $p < 0.05$ 이하의 경우 유의한 것으로 판단하였다.

Table 1. Superovulation rate of Hanwoo and Chickso

Breeds	No. of donor (n)	No. of recovered donor (n)	No. of ovarian atrophy (n)	Efficiency of superovulation ¹⁾ (%)
Hanwoo	23	18	5	78
Chickso	13	11	2	85

¹⁾ % = (No. recovered donors/No. donors) ×100

결과 및 고찰

과배란 반응을 및 총 회수 수정란 수와 이식가능 수정란 수

Table 1은 한우와 칩소에 과배란을 유기한 후, 과배란 반응율을 비교한 것으로 호르몬에 대한 반응을 나타낸 결과이다. 일반적인 FSH의 반감기가 3개월인 점을 고려하여 과배란 처리는 4개월 간격을 두고 상반기, 하반기로 나누어 2회 반복 실시하였다. 한우 23두 중에서 5두, 칩소 13두 중 2두가 난소위축을 보였다. 난소위축 공란우는 과배란 반응이 없는 것으로 간주하였다. 과배란 반응율을 조사한 결과, 한우 78%, 칩소 85%로 한우에서 호르몬에 대한 반응이 낮게 나타났으나 유의적인 차이를 보이지 않았다. 과배란 처리 후 수정란을 회수한 공란우의 비율은 김 등(1997)의 78~83% 보고와 김 등(2002)이 보고한 83.3%와 유사한 결과를 보였다. 또한, 2회 이상 연속적인 과배란 처리시 한우에 비하여 칩소에서 자궁경과의 협착 및 배란이 되지 않는 비율이 높다고 보고하고 있고(박 등, 2007), 종간 계통에 따라 배란이 일어나지 않는 등 성적의 차이는 공란우 번식기관의 손상에 따른 원인, 사육 조건과 영양상태, 호르몬 반응에 있어 개체간에 차이가 있는 것으로 사료된다.

다음으로 한우와 칩소로 구분하여 수정란 채란을 실시하였으며, 위축난소를 갖는 한우 5두, 칩소 2두는 결과에서 제외하고, 총 회수된 수정란 평균 개수, 이식 가능한 수정란 평균 개수에 대한 결과를 조사하였다(Fig. 1). 총 회수된 수정란의 평균 개수는 한우 14.76±2.16개, 칩소 6.23±2.16개로 한우에서 2배 이상 유의적으로 많았고, 이식 가능한 수정란의 평균개수 또한 한우 10.94±1.91개, 칩소 4.58±1.05개로 한우가 칩소에 비해 2배 이상 유의적으로 많았다 ($p<0.05$). 한우의 채란 결과는 동일한 과배란

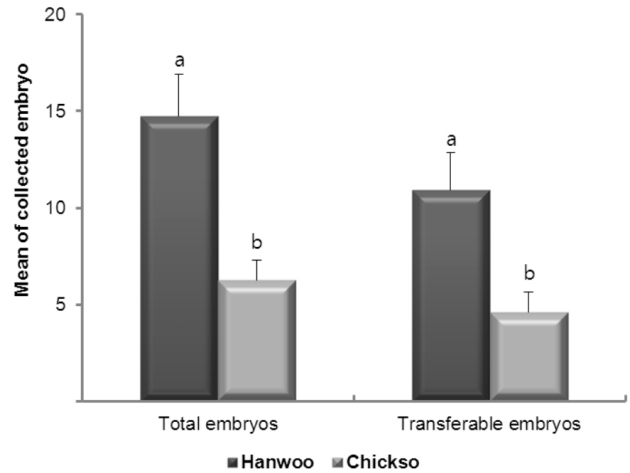


Fig. 1. Results of recovered total embryos and transferable embryos after superovulation treatment in Hanwoo and Chickso. ^{a,b} Means with different superscripts were significantly different ($p<0.05$).

방법에 의한 손 등(2006)의 6.5개와, Lafri 등(2002)와 Andrade 등(2003)의 3.2개 성적과 비교하여 위 결과에서는 총 회수된 수정란 수는 14.7개, 이식가능 수정란 수는 10.94개로 기존에 보고된 채란성적 보다 더 높게 나타났다. 이러한 양호한 성적은 시술자의 숙련도 및 공란우의 품종, 사양관리 등 다양한 요인이 작용하는 것으로 사료된다.

공란우 황체 수에 따른 한우와 칩소의 체내수정란 생산결과

Table 2는 호르몬 처리에 따른 한우와 칩소의 과배란 반응효과를 검토하고자 공란우의 황체 형성수 10개를 기준으로 총 회수된 수정란 평균 개수, 이식 가능한 수정란 평균 개수에 대한 결과를 조사하였다. 한우에 있어서 황체수가 10개 미만인 경우 2두, 황체수가 10개 이상인 경우가 16두로 나타났고, 칩소에 있어서 황체수가 10개 미만인 경우는 8두, 황체수가 10개 이상인 경우는 3두로 한우에 비해 칩소의 황체 형성이 더 낮게 나타났다. 황체수에 따른 한우의 총 회수 수정란 수와 이식가능 수정란 수는 황체수가 10개 미만일 경우 평균 0.50±0.50개, 0.50±0.50개, 10개 이상일 경우 평균 16.50±1.87개, 11.56±1.92개로 나타났다. 칩소에서는 총 회수 수정란 수와 이식 가능

Table 2. Comparison of number of corpus luteum (CL) on transferable embryos production in Hanwoo and Chickso

Breeds	No. of CL (n)	No. of donors (n)	No. of recovered embryos (n)	No. of transferable embryos (n)	Rate of transferable embryos (%)
Hanwoo	<10	2	0.50±0.50	0.50±0.50	100.00
	≥10	16	16.50±1.87 ^a	11.56±1.92 ^a	70.08
Chickso	<10	8	5.13±1.57	2.75±1.39	53.66
	≥10	3	8.00±4.62 ^b	6.00±1.00 ^b	75.00
Total		29	11.38±1.56	8.07±1.40	64.48

^{a,b} Means with different superscripts were significantly different ($p<0.05$).

Table 3. Comparison of pregnancy rates following transfer of fresh or frozen Hanwoo and Chickso embryos produced *in vivo*

Breeds	Embryo	No. of recipients (n)	No. of pregnancy (n)	Rate of pregnancy (%)
Hanwoo	Fresh	30	12	40
	Frozen	16	6	38
	Subtotal	46	18	39
Chickso	Fresh	19	7	37
	Frozen	8	5	63
	Subtotal	27	12	44
Total		73	30	41

수정란 수는 황체수가 10개 미만일 경우 5.13±1.57개, 2.75±1.39개, 황체수가 10개 이상일 경우는 8.00±4.62개, 6.00±1.00개로 나타났다. 이러한 결과는 공란우의 황체수가 10개 전후에서 이식가능 수정란의 수가 4~5개로(손 등, 2010), 이전에 보고된 결과에 비해 매우 양호한 성적을 나타냈으며, 성적에 차이는 과배란 처리 방법에 따라 다르게 나타난다고 사료된다. 이와 같은 결과로 한우가 칩소에 비해 배란이 잘 되고 황체가 잘 발달하여 이식 가능한 수정란을 많이 생산한다는 것을 알게 되었으나, 더 많은 실험 결과 축적이 필요하다고 사료된다.

한우와 칩소의 수정란 이식 수태율

한우와 칩소의 신선수정란과 동결수정란 이식 수태율은 Table 3과 같다. 한우의 신선수정란 이식 수태율은 40%였고, 동결수정란 수태율은 38%로 유의적인 차이는 없었다. 이전의 보고에서도 한우 수정란이식 수태율에서 신선 수정란이 동결 수정란에 비해 높았고(손 등, 2006), 이러한 이유는 동결융해에 따른 수정란 세포의 손상 때문이라고 보고하고 있다(Heyman 등, 1985). 칩소의 수태율은 신선 수정란이 37% 동결 수정란이 63%로 동결 수정란의 수태율이 신선 수정란에 비하여 매우 높았다. 이러한 결과는 칩소의 공시두수가 적고 수정란 이식 있어서 시술자의 숙련도 차이에 따른 결과로 더 많은 조건을 검토해 보고 연구 결과를 축적해야 할 필요가 있다고 사료된다. 이전의 보고에서도 수정란이식은 시술자의 숙련도, 계절, 수란우의 영양상태, 산차에 따라 수태율의 차이가 많이 발생한다고 보고하였다(손 등, 2006; 조 등, 2010). 또한, 수란우의 낮은 황체반응, 영양 불균형에 따른 대사장애도 수태율에 영향을 미친다(Chagas e Silva 등, 2002)는 보고가 있다.

수란우의 황체 크기와 경도에 따라 수태율을 조사하였다. 결과는 나타나지 않았으나, 수란우의 황체상태에 따라 수태율에 차이를 보이지 않았다. 수정란 이식 후 수태율은 수정란의 질, 발생 단계, 발정 동기화, 황체의 경도와는 관계가 없으며 정확한 발정 발현과 황체의 크기나 등급에 관계없이 축지되는 황체만 존재한다면 수란우로 적합하다는 보고(Spell 등, 2001)와 일치했다. 결론적으로 수정란이식 수태율 향상을 위해서는 질 높은 수정란 선별 및 수란우의 선발 관리뿐만 아니라, 수정란이식 수태율에 영향을 미치는 다양한 요인들을 좀 더 세심히 검토

해야할 필요성이 있는 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 공란우 과배란처리시 한우와 칩소의 과배란 반응율, 황체수에 따른 체내 수정란의 체란성적, 신선 수정란과 동결 수정란이식 수태율을 비교하고자 수행하였다. 공시축은 국립축산과학원 가축유전자원시험장에 보유 중인 한우 23두와 칩소 13두를 공란우로 사용하였다. 과배란 처리시 난소위축 공란우는 과배란 반응이 없는 것으로 간주하여 과배란 반응율을 조사한 결과, 한우 78%, 칩소 85%로 한우와 칩소에서 유의적인 차이는 없었다. 총 회수된 수정란 평균 개수는 한우 14.76±2.16개, 칩소 6.23±2.16개였고, 이식 가능한 수정란 평균개수 또한 한우가 10.94±1.91개로 칩소의 4.58±1.05개보다 많았다. 공란우의 황체수 10개 이상에서 이식가능 수정란 수는 한우가 11.56±1.92개로 칩소의 6.00±1.00개보다 많았다. 수정란 이식 수태율은 신선수정란의 경우 한우 40%, 칩소 37%, 동결수정란 수태율은 한우 38%, 칩소 63%로 나타났다. 이런 결과로부터 칩소는 한우에 비하여 이식가능 수정란의 회수율은 낮았으나, 수태율에서는 칩소가 더 높게 나타났다. 좀 더 많은 공시두수의 확보에 의한 자료의 축적이 필요하다고 생각된다.

인용문헌

- Andrade JC, Oliveira MA, Lima PF, Guido SI, Bartolomeu CC, Tenorio Filho F, Pina VM, Iunes-Souza TC, Pauld NR, Freitas JC (2003): The use of steroid hormones in superovulation of Neiore donors at different stages of estrous cycle. *Anim Reprod Sci.* 77:117-125.
- Chagas e Silva J, Lopesda Costa L, Rabalo Silva J (2002): Plasma progesterone profiles and factors affecting embryo fetal mortality following embryos transfer in dairy cattle. *Therionenology* 58:51-59.

3. Christensen LG (1991): Use of embryo transfer in future cattle breeding schemes. *Theriogenology* 35:141-149.
4. Goulding D, Williams DH, Roche JF, Boland MP (1991): Superovulation in heifers using either pregnant mares serum gonadotrophin or follicle stimulating hormone during the mid luteal stage of the estrous cycle. *Theriogenology* 36:949-958.
5. Heyman Y (1985): Factors affecting the survival of whole and half-embryos transferred in cattle. *Theriogenology* 23:63-75.
6. Isogai T, Shimohira I, Kimura K (1993): Factors affecting embryo productions following repeated superovulation treatment in Holstein donors. *J. Reprod Dev* 39:79-84.
7. Lafri M, Ponsart C, Nibart M, Durand M, Morel A, Jeanguyot N, Badinand F, De Mari K, Humblot P (2002): Influence of CIDR treatment during superovulation on embryo production and hormonal patterns in cattle. *Theriogenology* 20:675-682.
8. Lindner GM, Wright RW (1983): Bovine embryo morphology and evaluation. *Theriogenology* 20:407-416.
9. Pawlyshyn V, Lindsell CE, Braithwaite M, Mapletoft RJ (1986): Superovulation of beef cows with FSH-P: A dose-response trial. *Theriogenology* 25:179.
10. Seidel GE (1981): Superovulation and embryo transfer in cattle. *Science* 211:351-358.
11. Spell AR, Beal WE, Corah LR, Lanb GC (2001): Evaluating recipient and embryo factors that affect pregnancy rate of embryo transfer in beef cattle. *Theriogenology* 56:287-297.
12. Staigmiller RB, Bellow RA, Anderson GB, Seidel GE, Foot WD, Menino AR, Wright RW (1992): Superovulation of cattle with equine pituitary extract and porcine FSH. *Theriogenology* 3:1091-1099.
13. Stringfellow DA, Seidel SM (1998): Manual of the International Embryo Transfer Society. 3rd ed., International Embryo Transfer Society Inc., Illinois, pp. 165-170.
14. Yamamoto M, Ooe M, Kawaguchi M, Suzuki T (1994): Superovulation in the cow with a single intramuscular injection of FSH dissolved in polyvinylpyrrolidone. *Theriogenology* 41:747-755.
15. 김덕임, 서상원, 정재경, 이규승, 서길웅, 박창식, 정영채, 박병권 (2002): 한우에 있어서 체내수정란의 생산과 이식에 관한 연구 I. 한우 수정란 생산에 영향을 미치는 요인. *한국수정란이식학회지* 17:23-32.
16. 김홍률, 김덕임, 원유석, 김창근, 정영채, 이규승, 서길웅 (1997): 한우에서 FSH-P[®]와 SUPER-OV[®]에 의한 체내 수정란 생산에 관한 연구 I. 다배란 처리 조건에 따른 체내 수정란 생산에 영향을 미치는 요인. *한국수정란이식학회지* 12:37-47.
17. 박성재, 류일선, 손동수, 최선호, 백광수, 박수봉, 전병순, 안병석, 김현섭, 김일화. (2007): 한우와 젤소에서 연속적인 다배란 처리의 효과. *한국수정란이식학회지* 22:101-105
18. 손동수, 김일화, 류일선, 연성흙, 서국현, 이동원, 최선호, 박수봉, 이충섭, 최유림, 안병석, 김준식 (2000): 젤소 MOET Scheme의 추진을 위한 수정란 생산과 이식. *한국수정란이식학회지* 15:57-65.
19. 손동수, 한만희, 최창용, 최선호, 조상래, 김현중, 류일선, 최성복, 이승수, 김영근, 김삼기, 김상희, 신권희, 김일화 (2006): 우수 한우의 수정란 생산 및 이식. *한국수정란이식학회지* 21:147-156.
20. 손준규, 최창용, 조상래, 연성흙, 최선호, 김남태, 정진우, 김성재, 정연섭, 복난희, 유용희, 손동수 (2010): 한우 공란우 과배란 처리 후 난소 주기 재개에 관한 연구. *한국수정란이식학회지* 25:149-154.
21. 임석기, 우체석, 전기준, 장선식, 강수원, 윤상기, 손동수 (1998): 한우에 있어서 PEG에 용해시킨 Folltropin-V의 1회 피하주사에 의한 다배란 유기. *한국수정란이식학회지* 13:207-212.
22. 조상래, 최선호, 최창용, 손준규, 최수호, 김영주, 이풍연, 연성흙, 김현중, 손동수 (2010): 다배란 처리에 따른 한우 체내 수정란 생산 효율과 수정란 이식. *한국수정란이식학회지* 25:141-144.

(접수일자: 2012. 9. 20 / 채택일자: 2012. 9. 20)