

한우에서 수정란 이식의 효율 증진에 관한 연구 III. 이식 시기의 조건이 수정란 이식 후 수태율에 미치는 영향

김홍률 · 김덕임 · 김진호 · 박철진 · 이문성 · 김창근* · 정영체*
축협종양회 개량사업본부

Studies on the Improvement of Embryo Transfer Efficiency in Korean Cattle III. Effect of Pregnancy Rate after Embryo Transfer by Condition of Transfer Time

H. R. Kim, D. I. Kim, J. H. Kim, C. J. Park, M. S. Lee, C. K. Kim* and Y. C. Chung*

Livestock Improvement Main Center, NLCF

SUMMARY

This study was carried out to establish an effective system for embryo transfer techniques by analyzing several factors affecting *in-vivo* embryo transfer in Korean cattle. Embryos were transferred into a total of 301 recipients.

The results obtained in studies on the factors affecting pregnancy rate after embryo transfer by condition of transfer time were as follows :

1. The pregnancy rate by the seasons of transferred fresh and frozen embryos were not different, but the pregnancy rate was slightly higher in summer(80.8%).
2. The pregnancy rate by the days of embryo transfer after estrus were not different when fresh embryos were transferred, but the pregnancy rate was highest at 8 days when frozen embryos were transferred($P<0.01$, 40.0%).
3. The pregnancy rate at estrus synchronization was remarkably higher with PGF_{2α} treated than natural($P<0.05$, 70.4%, 43.4%).
4. The pregnancy rate by the degree of estrus synchronization was best when the estrus was synchronized in both fresh and frozen embryos(83.3% and 29.7%, respectively), but the pregnancy rate was not different among ± 2 days. But the pregnancy rate of frozen embryos were slightly higher when the recipients exhibited estrus earlier than donors.

(Key words : embryo transfer, recipients, pregnancy rate, estrus synchronization, frozen embryos)

서 론

최근 보급되고 있는 소의 수정란 이식 기술은 우수 종축의 생산 기반 구축과 종식의 소요 기간을 단기화 할 수 있으며 동시에 우수한 종축의 유전 능력

* 중앙대학교 축산학과 (Dept. of Anim. Sci., Chung-Ang University)

을 신속히 확대 보급할 수 있기 때문에 한우 개량과 번식효율 증대를 위한 매우 적절한 방법으로 인식되고 있다.

그러나 현재 수정란 이식 기술의 효율이 크게 향상되고는 있지만 더욱 산업적으로 활용되기 위해서는 각 단계별로 해결되어야 할 문제점들이 많이 남아 있다.

수정란을 이식하여 다수의 송아지를 생산하기 위해서는 수정란의 이식 후 수태율을 높이는 것이 필수적이며 가장 중요한 과제이다. 그러나 수태율이 인공수정에 의한 것보다 낮을 뿐만 아니라 동결 융해 수정란의 수태율에서 더욱 낮은 것이 문제점으로 대두되고 있다.

따라서 수정란 이식시 수태율에 영향을 미치는 요인들을 여러 가지 측면에서 고려해야 되는데 수태율의 증진을 위해서는 수정란이 이식되는 시기와 관련된 요인의 검토가 필요하다.

이식 시기에 따른 요인으로서 Hasler 등(1987)은 수정란 이식에 의한 수태율이 계절 간에 차이가 없으나 유산율에서 겨울이 여름보다 유의적으로 높다고 하였고, Bastidas와 Randel(1987), 양(1994) 등은 가을이 다른 계절보다 수태율이 높다고 하였다.

그리고 수란우의 자궁 조건과 수정란의 발생단계를 일치시키는 발정동기화는 발정동기화 방법과 발정동기화의 정도에 의해서 크게 영향을 받는다. Sreenan(1983)은 공란우와 수란우 간에 발정을 동기화시켜야 하며, 일치할수록 수태율이 높다고 하였다. 발정동기화 방법은 다수의 수란우군 중에서 동일한 일자에 자연적으로 발정이 온 개체를 선별하여 수란우로 사용하는 자연 발정동기화 방법과 황체를 퇴행시켜 발정을 유도할 수 있는 prostaglandin(PG)F_{2α}제제를 투여하여 수란우군의 발정을 동기화하는 인위적 발정동기화 방법이 있다(Sreenan, 1975 ; Tervit 등, 1980 ; Wright, 1981).

Wright(1981)와 Coleman 등(1987)은 PGF_{2α} 유사체를 이용한 발정동기화와 자연 발정에 의한 동기화의 비교에서 두 방법 간에 수태율의 차이가 없다고 하였으나, Godkin 등(1987)은 자연 발정동기화된 경우가 인위적 동기화보다 수태율이 높다고 하였다. Sreenan(1975)과 Hasler 등(1987)은 반대로 인위적으로 발정을 유도한 수란우가 자연 발정

동기화된 수란우에 비하여 수태율이 높다고 하였다. 위 보고와 같이 보고자들 간에 서로 차이가 있음을 알 수 있다.

그리고 공란우와 수란우 간의 발정동기화 정도에 관해서 Schneider 등(1980)은 동기화가 일치하지 않는 정도가 크면 클수록 수태율이 저하된다고 하였고, Wright (1981)는 수란우가 공란우보다 발정이 일찍 나타난 경우가 발정이 일치된 경우나 늦게 나타난 경우보다 수태율이 높다고 하였다. 한편 Linder와 Wright(1983), 김 등(1986)은 수란우가 공란우보다 발정이 늦게 온 것이 오히려 수태율이 좋다고 하였다. 또한 Betteridge 등(1980)과 Coleman 등(1987)은 불일치 정도가 ±24시간보다 더 크지 않을 때에는 수태율에 차이가 없다고도 보고한 바 있다. 특히 수정란의 질이 낮은 경우에 발정동기화 정도가 수태율에 더 크게 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다(Donaldson, 1985).

따라서 본 연구에서는 한우의 수정란 이식시 수태율에 영향을 미치는 요인들 중에서 수정란이 이식되는 계절, 발정일로부터의 이식 시기, 수란우의 발정동기화 방법 및 정도에 관하여 조사하여 수태율을 향상시킬 수 있는 이식 시기의 조건을 찾고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시 한우

1992년 11월부터 1995년 12월까지 약 3년 2개월간에 축협중앙회 개량사업본부 한우개량부에서 사육된 종번우 301두를 수란우로 선정하여 공시하였다.

2. 이식 수정란

다배란처리 후 회수한 수정란중에서 본 연구에 공시된 수정란은 수정란의 질을 평가한 다음 수정란의 발생단계에 따라 상실배기와 배반포기로 구분하여 이식하였으며, 신선 또는 동결 수정란을 이식하였다.

3. 수정란의 동결 및 융해

채란된 수정란 중에서 A, B등급의 수정란만을 선

별하여 동결하였다. 회수된 수정란을 D-PBS+20% FCS 용액으로 3회 세정하고 3, 6, 10%의 glycerol이 첨가된 동결배양액으로 4-well dish(Nunc, USA)에서 5단계로 5분씩 탈수를 유도한 후 0.25ml의 straw(IMV, France)에 수정란을 충전시켰다.

충전된 수정란은 세포동결기(Cryomed, USA)를 이용하여 실온에서 -7°C까지는 3°C/분, -7°C에서 -28°C까지는 0.3°C/분, -28°C에서 -35°C까지는 0.1°C/분으로 하강시켰으며, -7°C에서 자동 식빙하고 15분간 정지시킨 다음 -35°C까지 하강시켜 수정란을 액체질소에 침지하였다.

수정란의 융해는 공기중에 5초간 노출시키고 30°C의 온수에서 10초간 급속 융해를 한 후 수정란으로부터 glycerol을 제거하기 위하여 0.3M의 sucrose과 10% glycerol이 첨가된 배양액에서 역순으로 D-PBS+20%FCS에 이르기까지 5분씩 거쳐 glycerol을 제거하였다.

Glycerol이 제거된 수정란은 신선 배양액에서 3회 세정 과정을 거친 후 A, B, C등급에 속하는 수정란만을 이식에 이용하였다.

4. 수란우의 발정동기화

수란우의 발정동기화는 주로 자연발정으로 동기화된 수란우를 이용하였으며 그 외의 수란우는 황체가 존재하는 대상축을 선정한 후 PGF_{2α}의 유사체인 Lutalyse 25mg을 1회 주사하여 발정을 유도하였다. 발정동기화 정도는 수란우가 공란우보다 발정이 이른 경우는 "-", 늦은 경우는 "+"로 구분하여 ±2일 이내에 있는 수란우에 이식하였다.

5. 수정란 이식 및 임신 감정

1) 수정란 이식

정상 발정 상태를 나타내고 발정주기 6~8일째인 수란우 중에서 직장검사로 황체검사를 실시한 후 이식하였다.

수정란은 비외과적 방법으로 이식하였으며 이식 전에 수란우를 2% lidocain 5ml로 후구 부위 국소마취를 시키고, 수정란이 충전된 straw를 주입기에 장전하여 플라스틱 피복제(Sheath, IMV, France)를 씌우고, 절을 통과할 때 오염물질이 자궁 내로

주입되는 것을 방지하면서 이식하였다.

수정란의 이식부위는 황체가 존재하는 자궁각 선단부에 주입하였다.

2) 임신 감정

수정란 이식 후 발정재귀에 따라 임신 여부를 1차적으로 확인하였으며 2~3개월 이후 직장검사법에 의하여 임신 여부를 최종 확인하였다.

6. 통계 분석

수정란의 종류(신선란 및 동결란)에 따라 각 요인별의 수태율 차이를 SAS(1985)를 이용한 χ^2 -test로 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 계 절

수정란 이식 계절에 따른 수태 결과는 Table 1과 같다.

신선란 이식은 봄에 수태율이 80.8%로서 가장 좋았고, 54.4%로 겨울에 낮았으며, 동결란 이식시는 가을과 겨울에 23.1%였고 봄에 14.3%로 모두 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

본 연구 결과와 같이 Hasler 등(1987)은 수정란 이식에서 계절 간에 수태율의 차이가 없다고 하였다. Putney 등(1988)도 월별(계절별) 수정란 이식의 수태율은 52%~60%로서 계절 간에 차이가 없었으며 육우에서 계절 온도의 영향도 없다고 하였다. 그러나 Bastidas와 Randel(1987)은 41%,의 수태율로 가을이 계절 좋다고 하였으며, 양(1994)도 수태율이 가을에 36%로 가장 높았다고 보고하였다.

본 연구에서 신선란의 겨울철 수태율이 낮았던 결과는 Bastidas와 Randel(1987), 양(1994)의 보고와 일치하는 경향이 있었으나 본 결과에서 봄에 좋았던 수태율은 위의 두 보고와 다소 달랐고 한편 동결란의 경우도 상이한 결과였다.

본 결과에서 신선란이 겨울철 이식에서 수태율이 다소 떨어진 것은 저온에 의한 영향이 있었던 반면 동결란의 경우는 이러한 저온의 영향이 적었던 것으로 판단되었다.

Table 1. Effect of seasons on pregnancy rate in fresh and frozen embryos

State of embryos	Seasons	No. of recipients		Pregnancy rate (%)
		Transferred	Pregnant	
Fresh ¹⁾	Spring	26	21	80.8
	Summer	54	30	64.8
	Autumn	33	21	63.6
	Winter	57	31	54.4
Frozen ²⁾	Spring	14	2	14.3
	Summer	26	5	19.2
	Autumn	26	6	23.1
	Winter	65	15	23.1

¹⁾ $\chi^2 = 6.05$ ($P > 0.05$).²⁾ $\chi^2 = 0.65$ ($P > 0.05$).

Table 2. Effect of transfer day on pregnancy rate in fresh and frozen embryos

State of embryos	Transfer day*	No. of recipients		Pregnancy rate (%)
		Transferred	Pregnant	
Fresh ¹⁾	6.0	36	19	52.8
	7.0	81	54	67.9
	8.0	53	34	64.2
Frozen ²⁾	6.0	26	0	0
	7.0	80	19	22.5
	8.0	25	10	40.0

* Interval from estrus day to transfer day.

¹⁾ $\chi^2 = 2.11$ ($P > 0.05$).²⁾ $\chi^2 = 12.14$ ($P < 0.01$).

2. 이식일

수란우의 발정일로부터 이식 시기를 6일, 7일, 8일로 구분하여 수정란을 이식한 수태 결과는 Table 2와 같다.

신선란 이식은 통계적 유의성은 인정되지 않았으나, 7일과 8일째 다소 좋은 결과를 얻었다. 또한 동결란 이식시는 8일째 이식에서 40.0%의 수태율로 다소 높게 나타났고, 6일째는 26두를 이식했으나 임신된 것이 없었으므로 수태율 간에 유의적으로 가장 낮았다($P < 0.01$).

이식일에 따른 수태율의 보고 예가 없으므로 직접 비교 검토는 할 수 없었으나, Wright(1981)가 발정 6~8일의 이식에서 61%라고 한 보고는 본 연구의 신선란 결과와 유사하였고 Linder와 Wright

(1983)는 발정 5~9일의 이식에서 39%의 수태율을 보고하였다. 또한 Hasler 등(1987)은 이식 시기별로 높은 수태율을 얻기 위해서 이식할 수정란의 발생단계를 달리하여야 한다고 하였으며, 5~7일 사이에는 상실배기 및 초기 배반포기를, 7~8일에는 배반포기 및 확장 배반포기를 이식해야 한다고 하였다.

본 연구 결과에서 신선란은 생산된 수정란과 수란우 간의 동기화 상태가 일치되면 이식 시기는 수태율에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나, 동결란은 적어도 이식을 발정일로부터 7일 이후에 하는 것이 적합한 것으로 판단되었다.

3. 수란우 발정동기화 방법

수란우의 발정동기화 방법에 따른 수정란 이식

Table 3. Effect of Natural and PGF_{2α} treated estrus synchronization on pregnancy rate in fresh and frozen embryos

Synchronization method	No. of recipients		Pregnancy rate
	Transferred	Pregnant	(%)
PGF _{2α}	20	14	70.0
Natural	281	122	43.4

$\chi^2 = 5.33$ ($P < 0.05$).

Table 4. Effect of degree of estrus synchronization on pregnancy rate in fresh and frozen embryos

State of embryos	Degree* (difference, day)	No. of recipients		Pregnancy rate
		Transferred	Pregnant	(%)
Fresh ¹⁾	+2.0	19	9	47.4
	+1.0	46	28	60.9
	0	36	30	83.3
	-1.0	57	34	59.7
	-2.0	12	7	58.3
Frozen ²⁾	+2.0	9	0	0
	+1.0	43	5	11.6
	0	37	11	29.7
	-1.0	34	10	29.4
	-2.0	8	2	25.0

* Recipients exhibited estrus either earlier (-) or later (+) than that of donors.

¹⁾ $\chi^2 = 8.89$ ($P > 0.05$).

²⁾ $\chi^2 = 7.78$ ($P > 0.05$).

후 수태 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다.

PGF_{2α}를 이용한 발정동기화는 70.0%의 수태율을 나타내었고, 자연 발정동기화는 43.4%의 수태율로 통계적 유의성이 인정되었으며 ($P < 0.05$), PGF_{2α}를 이용한 발정동기화에서 좋은 결과를 얻었다.

Sreenan(1975)도 자연 발정 동기화보다 인위적 발정동기화에서 수태율이 좋다고 하였으며, 또한 Hasler 등(1987), 노 등(1988)과 양(1994)도 본 연구 결과와 일치하였다. 그러나 Church와 Shea(1976)는 자연 발정동기화가 인위적인 발정동기화보다 높은 수태율을 보고하였고, Godkin 등(1987)도 같은 경향을 보고하였다. 한편 Wright(1981)과 Coleman 등(1987)은 자연 발정동기화와 인위적 발정동기화 방법 간에 수태율의 차이가 없었다고 보고하여 보고자들 간에 차이가 있었다.

특히 본 연구 결과에서 인위적 발정동기화 처리가 자연 발정우보다 좋은 결과를 나타냈던 것은 수

란우군의 집단 관리시 발정 확인의 정확도와 관련이 있었던 것으로 생각되었다.

4. 발정동기화의 정도

수란우와 공란우의 발정동기화 정도에 따라 수정란 이식 후 수태 결과는 Table 4와 같다.

신선란 이식은 발정동기화가 일치된 0일에서 83.3%의 수태율로 가장 좋은 결과였고, 일치하지 않는 정도가 커지면서 다소 낮은 결과를 나타냈으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

동결란 이식시는 발정동기화가 일치된 0일에서 역시 가장 좋았으며 다음에는 공란우보다 수란우가 발정이 이른 경우에 다소 좋은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다.

본 연구의 신선란 이식 결과와 유사한 결과 보고로서 Sreenan(1975), Schneider 등(1980), 정 등(1983), Putney 등(1989), Breuel 등(1991)은 수란

우와 공란우의 발정이 일치하는 경우가 가장 좋았고, 일치하지 않는 정도가 크면 클수록 수태율이 저하된다고 하였다.

그러나 수란우가 공란우보다 발정이 이른 경우가 늦은 경우보다 좋다는 보고도 있다(Wright, 1981 ; Linder와 Wright, 1983 ; Leibo, 1984 ; Callesen 등, 1986 ; Putney 등, 1988).

특히 Wright(1981)는 수란우가 공란우보다 12시간 빠른 상태에서 가장 좋다고 보고하였고, Callesen 등(1986)도 다배란 처리우에서 배란이 정상 발정우보다 15시간 일찍 일어나고 수정란의 발생도 다배란 처리시 다소 빠르기 때문에 수란우가 공란우에 비하여 발정이 12시간 빠른 것이 수태율이 좋다고 하였다.

그러나 공란우가 수란우보다 발정이 이른 것이 좋다는 보고도 있다(Shea 등, 1976 ; 김 등, 1986 ; 오 등, 1986). 이들은 공란우에서 회수된 수정란이 체외에서 조작되는 환경 조건이 자궁 내 조건에 비하여 떨어지므로 수정란의 발생이 다소 억제될 수 있기 때문에 공란우가 수란우보다 발정이 빠른 것이 좋다고 보고하였다.

또한 공란우와 수란우의 발정 불일치 정도가 1일 정도 차이가 나더라도 수태율에 차이가 없다는 보고도 있으며(Betteridge 등, 1980 ; Linder와 Wright, 1983 ; Coleman 등, 1987), Donaldson(1982)는 36시간(1.5일)의 차이도 수태율에는 유의차가 없다고 하였다. Hasler 등(1987)도 신선란에서 우수 수정란은 발정동기화 정도가 $\pm 24 \sim \pm 36$ 시간까지도 임신율이 높았으나, 수정란의 질이 다소 떨어지는 경우는 발정동기화가 일치하는 경우와 수란우가 늦은 경우에 높았다고 하였다. 동기화 정도에 따른 수태율도 보고자들 간에 다소 상이한 결과를 보고하고 있다.

본 연구 결과에서는 발정동기화가 일치됨이 가장 좋은 조건이었고 공란우보다 수란우의 발정이 다소 빠른 경우에 수태율이 향상되었던 것은 다배란 처리로 발생이 다소 빠른 수정란을 수란우가 수용할 수 있는 조건과 관련이 있는 것으로 사료되었다.

적 요

본 연구는 한우에서 체내 수정란 이식 후 수태율에 영향을 미치는 요인을 분석하여 효과적인 수정란 이식 체계를 정립하고자 실시하였다. 수정란을 301두의 수란우에 이식하였다.

수정란 이식 시기의 조건에 따른 체내 수정란 이식 후 수태율에 미치는 영향을 살펴 본 결과는 다음과 같다.

1. 신선 및 동결 수정란의 이식 후 수태율은 계절에 따른 차이가 없었으나 신선란의 경우 봄에 다소 높았다(80.8%).
2. 발정 후 수정란 이식일에 따른 수태율은 신선란에서 차이가 없었으나 동결란은 8일에서 40.0%로 가장 높았다($P < 0.01$).
3. PGF 2α 에 의한 발정동기화가 자연 발정동기화보다 수태율이 현저히 높았다($P < 0.05$, 70.4% : 43.4%).
4. 발정동기화 정도에 따른 수태율은 신선 및 동결란 모두에서 일치될 때가 가장 좋았으나(83.3%와 29.7%), ±2일의 수태율과 유의적인 차이가 없었다. 그러나 동결란에서는 수란우가 공란우보다 발정이 빠른 경우에 수태율이 다소 높았다.

참고문헌

- Bastidas P and Randel RD. 1987. Seasonal effects on embryo transfer results in Brahman cows. *Theriogenology* 28:531-540.
Betteridge KJ, Eaglesome MD, Randall GCB and Mitchell D. 1980. Collection, description and transfer of embryos from cattle 10-16 days after oestrus. *J. Reprod. Fert.* 59: 205-216.
Breuel KF, Baker RD, Butcher RL, Townsend EC, Inskeep EK, Dailey RA and Lerner SP. 1991. Effects of breed age of donor and dosage of follicle stimulating hormone on the superovulatory response of beef cows. *Theriogenology* 36:241-255.
Callesen H, Greve T and Hyttel P. 1986. Preovulatory endocrinology and oocyte matu-

- ration in superovulated cattle. Theriogenology 25:71-86.
- Church RB and Shea B. 1976. Some aspects of bovine embryo transfer. In : Egg Transfer in Cattle. ed. L. E. A. Rowson, Commision of the European Community, Luzembut, EUR 5491. pp.73-86.
- Coleman DA, Dailey RA, Leffel RE and Baker RD. 1987. Estrus synchronization and establishment of pregnancy in bovine embryo transfer recipient. J. Dairy Sci. 71:858-866.
- Donaldson LE. 1982. Embryo transfer in cattle. Rio Vista International Inc. San Antonio Texas. pp.54-65.
- Donaldson LE. 1985. LH and FSH profiles at superovulation and embryo production in the cow. Theriogenology 23:441-447.
- Godkin AM, Leslie KE, Wain GM and Leslie BE. 1987. Factors affecting pregnancy rate following non-surgical transfer of frozen bovine embryos. Theriogenology 27:230. (abstr.).
- Hasler JF, McCauley AD, Lathrop WF and Foote RH. 1987. Effect of donor-embryo-recipient interactions on pregnancy rate in a large-scale bovine embryo transfer program. Theriogenology 27:139-168.
- Leibo SP. 1984. A one step method for direct non-surgical transfer of frozen-thawed bovine embryos. Theriogenology 21:767-790.
- Linder GE and Wright Jr RW. 1983. Bovine embryo morphology and evaluation. Theriogenology 20:407-416.
- Putney DJ, Drost M and Thatcher WW. 1989. Influence of summer heat stress on pregnancy rates of lactating dairy cattle following embryo transfer or artificial insemination. Theriogenology 31:765-778.
- Putney DJ, Thatcher WW, Drost M, Wright JM and DeLorenzo MA. 1988. Influence of environmental temperature on reproductive performance of bovine embryo donors and recipients in the southwest region of the United States. Theriogenology 30:905-922.
- SAS. 1985. User's Guide : Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schneider HJ Jr, Castleberry RS and Giffin JL. 1980. Commercial aspects of bovine embryo transfer. Theriogenology 13:73-85.
- Shea BF, Hines DJ, Lightfoot DE, Ollis GW and Olson SM. 1976. The transfer of bovine embryos. In : Egg transfer in cattle. ed. Rowson, L. E. A. Commission of the European Community, Luzembuth. EUR 5491. pp. 145-152.
- Sreenan JM. 1975. Successful non-surgical transfer of fertilized cow eggs. Vet. Rec. 96: 490-491.
- Sreenan JM. 1983. Methods of consistent supply, recovery and transfer of embryos in cattle. In : Strategies for the most efficient beef production, Proc. Int. Symposium Beef Prod. Kyoto, Japan pp.197-212.
- Tervit HR, Cooper MW, Goold PG and Haszad GM. 1980. Non-surgical embryo transfer in cattle. Theriogenology 13:63-71.
- Wright JM. 1981. Non-surgical transfer in cattle: embryo-recipient interaction. Theriogenology 15:43-46.
- 김희석, 오성종, 양보석, 유승환, 김종국, 이근상. 1986. 소에 있어서 이식 수정란의 생존성에 미치는 요인에 관한 연구. 한축지 28:578-583.
- 노환철, 정광업, 신규용, 정병현, 백운화, 정길생. 1988. 우 동결 수정란의 산업적 이용에 관한 연구. 한축지 30(3):151-159.
- 양보석. 1994. 체내 및 체외 소 수정란의 임신율에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. 서 울대학교 박사학위 논문.
- 오성종, 양보석, 김희석, 이근상, 김강식, 스피어스, 아우리. 1986. 소의 발정 동기화 및 동결수정란 이식에 관한 연구. 한축지 28:468-473.
- 정길생, 윤종삼, 이훈택, 유승환, 김정의. 1983. 수

정란 이식에 의한 우의 상태 유기에 관한 연구.

VII. 비외과적으로 이식한 신선 및 동결 수정란
의 분만성적. 한축지 25:424-429.

(접수일자 : 1998. 1. 6 / 채택일자 : 1998. 3. 4)