

한우에서 수정란 이식의 효율 증진에 관한 연구  
I. 수정란의 조건이 이식 후 수태율에 미치는 영향  
김홍률 · 김덕임 · 원유석 · 김창근\* · 정영채\* · 이규승\*\* · 서길웅\*\* · 박창식\*\*  
축협중앙회 개량사업본부

**Studies on the Improvement of  
Embryo Transfer Efficiency in Korean Cattle  
I. Effect of Embryo Conditions on Pregnancy Rate  
after Embryo Transfer**

H. R. Kim, D. I. Kim, Y. S. Won, C. K. Kim\*, Y. C. Chung\*,  
K. S. Lee\*\*, K. W. Suh\*\* and C. S. Park\*\*  
*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 produced *in-vivo* 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 embryos were as follow :

1. The pregnancy rate of 301 recipients was 45.2% and higher with fresh embryos than with frozen embryos(63.5% : 21.4%,  $P < 0.01$ ). Embryos superovulated by FSH-P had slightly greater than by SUPER-OV in pregnancy rate, although these were no difference between two treatments.
2. The pregnancy rates of transferred morulae and blastocysts showed no difference between fresh and frozen embryos(63.5% : 63.6% ; 20.0% : 25.8%). However, the pregnancy rates by quality of fresh and frozen embryos were significantly different( $P < 0.05$ ). The pregnancy rates were outstandingly high in the grade A, B of fresh embryos(59.0~66.4%), and in the grade A of frozen embryos(43.6%).
3. The number of transferred embryos showed no difference in pregnancy rate, but when frozen embryos transferred, the pregnancy rate was slightly higher with two embryos than that with one embryo.

(Key words : embryo transfer, embryo quality, embryo stage, pregnancy rates, frozen embryo)

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

\*\*충남대학교 농과대학(College of Agriculture, Chungnam National University)

## 서론

우리 나라 축산업의 축이라고 할 수 있는 한우 사업에 있어서 능력 개량과 번식 효율의 증대는 생산성 향상과 경쟁력 있는 사육 기반 조성을 위하여 가장 기본적으로 해결해야 할 중요한 과제이다.

최근 보급되고 있는 소의 수정란 이식 기술은 우수 종축 생산의 기반 구축과 증식의 소요 기간을 단기화 할 수 있으며 동시에 우수한 종축의 유전 능력을 신속히 확대 보급할 수 있기 때문에 한우의 개량과 번식효율 증진을 위한 매우 적절한 방법으로 인식되고 있다.

그러나 현재 산업적으로 활용함에 있어서 해결되어야 할 문제점들이 많이 남아 있다. 수정란의 이식 후 수태율이 인공수정의 수태율보다 낮으며 특히 동결 용해 수정란의 수태율은 더욱 낮은 실정이다.

따라서 수정란 이식시 수태율에 영향을 미치는 요인들이 여러 가지 측면으로 검토되어야 할 것이다.

이들 요인 중에서도 수정란 자체와 관련된 요인으로서 이식되는 수정란의 상태(신선 또는 동결), 수정란의 질과 발생단계 그리고 수정란의 이식후 등이 매우 중요한 요인으로 제시되고 있다(Sreenan과 Diskin, 1987).

신선란과 동결란 간의 수태율 비교에서 Heyman(1985)과 Leibo(1986)는 동결 용해 과정에서 10~40%의 수정란 세포들이 크게 손상을 입는다고 하였고, 특히 Leibo(1986)는 이식 후 수정란의 생존성의 저하로 신선란에 비하여 수태율이 약 30%의 떨어진다고 하였다. Sreenan과 Diskin(1987)은 동결 용해 과정에서 수정란의 10~20%가 죽는 것으로 보고하였고, 동결란이 신선란에 비하여 수태율이 낮다는 보고가 많이 있다(Elsden 등, 1982; Heyman, 1985; 김 등, 1986; Sreenan과 Diskin, 1987).

다배란 처리 후 회수된 수정란은 동일 개체에서도 상실배기로부터 부화된 배반포기까지 수정란의 발생단계에 차이가 크게 나타나 있다(Linder와 Wright, 1983).

발생단계가 다른 수정란의 이식 후 수태율을 보면 Seidel(1980)은 발정 후 3~4일에 회수된 수정란

과 그 이후 수정란의 이식에서 늦게 회수된 수정란의 수태율이 높았다고 하였다. 또한 상실배기보다 배반포기의 신선 수정란을 이식할 때 수태율이 높게 보고되어 있다(Halley 등, 1979; Schneider 등, 1980; Shea, 1981; Wright, 1981, 1985; 김 등, 1986; 양 등, 1988). 그리고 노 등(1988)도 동결란에서 배반포기의 이식 후 수태율이 높다고 하였다. 그러나 Bowen 등(1978), Schneider 등(1980), 양(1994)에서는 상실배기와 배반포기 간의 수태율에 차이가 없었다. 한편 이식 수정란의 발생단계가 수태율과 무관하다는 보고도 있다(Linder와 Wright, 1983; Pettit, 1985). 특히 Hasler 등(1987)은 수태율의 향상을 위해서 수정란의 발생단계를 고려하여 이식하여야 함을 주장하였다.

다배란 처리 후 채란된 수정란은 질에서도 차이가 큰 것으로 나타나 있다(Shea, 1981; Linder와 Wright, 1983). 수정란의 질에 따라 이식 후 수태율에 차이가 있으며, 질이 좋은 것이 수태율도 높은 것으로 보고되어 있다(Schneider 등, 1980; Tervit 등, 1980; Linder와 Wright, 1983; Leibo, 1984; Niemann 등, 1985; Wright, 1985; 오 등, 1986; Hasler 등, 1987).

이식된 수정란의 수와 수태율과의 관계에서 Heyman(1985)과 김 등(1985)은 1개보다는 2개 이식에서 수태율이 향상된다고 하였다.

따라서 본 연구에서는 한우의 수정란 이식시 수태율에 영향을 미치는 요인 중에서 수정란 자체요인을 중심으로 분석하여 보다 효과적인 수정란 이식 체계를 정립하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시 한우

본 연구에서는 1992년 11월부터 1995년 12월까지 약 3년 2개월간 축협중앙회 개량사업본부 한우개량부에서 사육하고 있는 중빈우 301두를 수란우로 공시하였으며 수란우는 생식기의 상태가 양호하고 정상 발정주기를 보이는 중빈우로서 연간 80~100두에 수정란을 이식하였다.

### 2. 이식 수정란

채란 후 수정란의 질을 평가한 다음 수정란의 발생단계에 따라 상실배기와 배반포기로 구분하였으며, 이들 수정란을 신선 또는 동결 용해 상태로 이식하였다.

### 3. 수정란의 동결 및 용해

#### 1) 수정란의 동결

A, B등급의 수정란만을 선별하여 동결하였다. 수정란을 동결용 배양액인 D-PBS+20% FCS용액으로 3회 세정하고 3, 6, 10%의 glycerol이 첨가된 동결배양액으로 4-well dish(Nunc, USA)에서 단계별로 5분씩 평형시켜 탈수를 유도한 후 0.25ml의 straw(IMV, France)에 수정란을 충전시켰다. 충전된 수정란은 세포동결기(Cryomed, USA)에서 완만동결을 실시하였다. 실온에서 -7℃까지는 3℃/분, -7℃에서 -28℃까지는 0.3℃/분, -28℃에서 -35℃까지는 0.1℃/분 속도로 온도를 하강시켰으며, -7℃에서 자동 식빙 후 15분간 정치하였다. 그리고 -35℃에서 수정란을 액체질소에 침지한 다음 이식시까지 장기간 보관하였다.

#### 2) 수정란의 용해

동결 수정란을 공기 중에 5초간 노출시키고 30℃의 온수에서 10초간 급속 용해한 후 수정란 내의 glycerol을 제거하기 위하여 0.3M의 sucrose와 10% glycerol이 첨가된 배양액에서부터 역순으로 D-PBS+20% FCS에 이르기까지 4-well dish를 이용하여 5분씩 거쳐 glycerol을 제거하였다.

Glycerol이 제거된 수정란은 신선 배양액에서 3회 세정 과정을 거친 후 수정란의 상태를 평가하였으며 A, B, C등급에 속하는 수정란만을 이식하였다.

### 4. 수란우의 발정동기화

수정란 이식은 주로 자연발정으로 동기화된 수란우에 실시하였으며, 수란우의 인위적 발정동기화는 황체가 존재하는 대상축을 선정한 후 PGF<sub>2α</sub>의 유사체인 lutalyse 25mg을 1회 주사하여 발정을 유도하였다. 발정동기화 정도는 수란우가 공란우보다 발정이 이른 경우는 “-”, 늦은 경우는 “+”로 구분

하여 ±2일 이내에 있는 수란우에 이식하였다.

### 5. 수정란 이식 및 임신 감정

#### 1) 수정란 이식

수란우의 발정상태가 정상이고 발정주기 6~8일째에 직장검사법으로 황체검사를 실시한 후 황체가 존재하는 쪽 자궁각에 이식하였다.

이식되는 신선 및 동결 수정란은 발생단계와 질을 평가하여 A, B, C등급으로 분류한 다음, 수정란 1~2개를 10% FCS가 첨가된 D-PBS 용액과 함께 0.25ml straw에 충전하여 비외과적 방법으로 이식하였다.

이식 전 수란우는 제 2, 3 미추 사이에 2% lidocain 5ml 주사로 후구를 국소마취시키고, 수정란 이식 주입기에 플라스틱 피복제(Sheath, IMV, France)를 씌우고, 주입기가 질을 통과할 때 오염물질이 자궁 내로 주입되는 것을 방지하면서 이식하였다. 황체가 존재하는 자궁각 선단 부위까지 주입기를 삽입하여 수정란을 주입하였다.

#### 2) 임신 감정

수정란 이식 후 발정 재귀에 따라 임신 여부를 1차적으로 확인하였으며 이식한 다음 약 2~3개월 뒤에 직장검사법에 의하여 임신 여부를 최종 확인하였다.

### 6. 통계 분석

각 요인이 수정란 이식시 수태율에 미치는 영향은 SAS(1985)를 이용한  $\chi^2$ -test로 유의성 검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

#### 1. 신선 및 동결수정란의 수태율

신선 및 동결수정란을 이용한 수정란 이식의 수태율은 Table 1과 같다.

전체적으로 수란우 301두의 수정란 이식에서 136두가 임신하여 45.2%의 수태율을 얻었다. 그중 신선란은 170두 이식하여 108두 임신으로 수태율이 63.5%였으며, 동결란의 수태율은 131두 중 28두가

Table 1. Effect of embryo freezing on pregnancy rate

State of embryos	No. of recipients		Pregnancy rate(%)
	Transferred	Pregnant	
Fresh	170	108	63.5
Frozen	131	28	21.4
Total	301	136	45.2

$\chi^2=53.09(P<0.01)$ .

임신하여 21.4%였다. 신선란이 동결란보다 유의적으로 수태율이 높았다( $P<0.01$ ).

전체 수태율에 있어서는 Schneider 등(1980)의 65%, Wright(1981)의 61%보다 낮았지만, Betteridge 등(1980)의 40~50%, 정 등(1983)의 48% 및 김 등(1986)의 46%, Callesen 등(1995)의 46%와 유사하였고 Linder와 Wright(1983)의 39%와 양과 임(1990)의 33%보다는 좋은 결과를 얻었다.

신선과 동결 수정란의 이식에서 Elsdon 등(1982)은 신선란 이식시 74%, 동결란 이식시 67%였으며, Heyman(1985)은 신선란에서 55%, 동결란에서 47%를 보고하였다. 본 연구 결과가 이들보다는 낮았다. 그러나 양(1994)이 신선란 이식시 38%, 동결란 이식시 26%를 보고하였는데, 본 연구 결과에서 신선란 이식시 수태율은 더 좋았으며, 한편 신선란과 동결란 간에 수태율에 차이가 있었던 것은 유사한 결과였다.

특히 Heyman(1985)은 신선란이 동결란 이식보다 수태율이 좋은 이유는 동결 용해로 수정란 세포의 10~40%가 손상을 입기 때문이라고 하였다. 또한 Sreenan과 Diskin(1987)도 동결 용해 과정에서 수정란 세포의 10~20%가 죽으며 특히 수정란의 질

이 나쁜 경우에 더욱 심하고 이식 후에도 신선란에 비하여 배사률이 10~15% 높다고 하였다.

본 연구 결과에서도 동결란보다 신선란이 수태율이 좋았던 것은 뒤에 언급된 것과 같이 동결 용해 후 수정란의 질과 관련이 있었던 것으로 사료되었다.

## 2. 다배란 호르몬의 영향

다배란 호르몬을 FSH-P와 SUPER-OV로 구분하여 생산된 수정란의 이식시 신선란과 동결란의 수태율을 비교한 결과는 Table 2와 같다.

신선란에서 FSH-P는 67.4%의 수태율, SUPER-OV는 58.7%의 수태율을 나타내었다. 동결란에서 FSH-P는 22.1%, SUPER-OV는 19.4%의 수태율을 나타내어 호르몬 간에 통계적 유의성이 없었으나, FSH-P에서 다소 좋은 결과를 나타내었다.

Singla와 Madan(1990)은 FSH-P와 SUPER-OV로 생산한 수정란을 이식한 이후의 수태율이 각각 36%와 30%로서 유의성이 인정되지 않았는데 이들의 결과도 본 연구와 같은 경향이였다.

## 3. 수정란의 발생단계와 수태율

신선란과 동결란에서 상실배기와 배반포기의 수정란을 이식한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다.

신선란에서 이식한 상실배기와 배반포기의 수태율이 차이가 없었으며 동결란의 이식에서는 상실배기보다 배반포기에서 다소 좋은 결과를 나타내었으나 유의성은 없었다.

본 연구와 유사한 결과가 Bowen 등(1978), Schneider 등(1980), 정 등(1983), 양 등(1988), 양(1994)에 의해 보고되었으나 배반포기에서 수태율

Table 2. Effect of hormones for superovulation on pregnancy rate in fresh and frozen embryos

State of embryos	Hormone	No. of recipients		Pregnancy rate (%)
		Transferred	Pregnant	
Fresh <sup>1)</sup>	FSH-P	95	64	67.4
	SUPER-OV	75	44	58.7
Frozen <sup>2)</sup>	FSH-P	95	21	22.1
	SUPER-OV	36	7	19.4

<sup>1)</sup>  $\chi^2=1.37(P>0.05)$ .

<sup>2)</sup>  $\chi^2=0.11(P>0.05)$ .

Table 3. Effect of embryo stage on pregnancy rate in fresh and frozen embryos

Embryo		No. of recipients		Pregnancy rate (%)
Status	Stage	Transferred	Pregnant	
Fresh <sup>1)</sup>	Morula	104	66	63.5
	Blastocyst	66	42	63.6
Frozen <sup>2)</sup>	Morula	100	20	20.0
	Blastocyst	31	8	25.8

<sup>1)</sup>  $\chi^2=0.01(P>0.05)$ .

<sup>2)</sup>  $\chi^2=0.48(P>0.05)$ .

이 월등히 좋았다는 보고도 있다(Halley 등, 1979; 김 등, 1986). 특히 노 등(1988)은 상실배기와 배반포기의 수태율이 신선란은 55%와 67%였고, 동결란은 38%와 47%로서 신선란과 동결란 모두 배반포기에서 좋은 결과를 보고하였다.

한편 Putney 등(1988, 1989)은 발생단계를 더욱 세분한 조사에서 초기 상실배와 상실배의 경우보다 초기 배반포, 배반포 및 확장 배반포에서 좋은 수태율을 보고하였다.

그러나 Hasler 등(1987)에서는 초기와 중기의 배반포가 상실배기 또는 확장 배반포기보다 수태율이 높았으며 높은 수태율을 얻기 위해서는 수정란의 발생단계를 구분하여 이식하여야 하는 것으로 나타나 있다.

본 연구에서도 다배란처리 후, 7일째 수정란을 채란할 경우 수정란의 발생단계가 초기 상실배로부터 확장 배반포기까지 2일 정도의 차이가 있기 때문에 각 발생단계에 맞게 이식 시기를 동기화 하는 것이 수태율을 높이는 데 중요한 요인으로 판단되었다.

#### 4. 이식 수정란의 질과 수태율

이식 수정란의 질을 A, B, C등급으로 분류하여 신선란과 동결란으로 이식한 결과는 Table 4와 같다.

신선란의 경우 A와 B등급 수정란의 수태율은 66.4%와 59.0%로서 차이가 없었으며 C등급에서는 임신되지 않았다. 한편 동결란에서는 A와 B등급 수정란의 수태율이 43.6%와 13.4%였으며, C등급의 수정란은 역시 임신되지 않았다. 수정란의 질에 따른 영향이 신선란보다 훨씬 큰 것으로 나타났다.

신선란을 이용한 이식에서 수정란을 4등급으로 분류한 Elsdon 등(1982)은 A, B등급이 C, D등급보다 수태율이 높다고 보고하였으며, Schneider 등(1980), Linder와 Wright(1983) 및 김 등(1986)도 본 연구와 유사한 결과를 보고하였다. 또한 Hasler 등(1987), Putney 등(1989) 및 양(1994)도 이식 수정란의 질이 좋을수록 수태율이 좋다고 보고하였다.

Table 4. Effect of embryo quality on pregnancy rate in fresh and frozen embryos

Embryo		No. of recipients		Pregnancy rate (%)
Status	Quality	Transferred	Pregnant	
Fresh <sup>1)</sup>	A	128	85	66.4
	B	39	23	59.0
	C	3	0	0
Frozen <sup>2)</sup>	A	39	17	43.6
	B	82	11	13.4
	C	10	0	0

<sup>1)</sup>  $\chi^2= 6.03(P<0.05)$ .

<sup>2)</sup>  $\chi^2=17.26(P<0.01)$ .

수정란을 A, B, C등급으로 분류한 Baker 등(1983), Sreenan과 Diskin(1987)은 A, B등급 간에 수태율이 비슷하지만, C등급에서 현저하게 저하된다고 하였다. 이 등(1986), Humblot 등(1987), Putney 등(1988)에서도 이와 유사한 결과였고 이들의 결과는 본 연구와도 같았다.

동결란의 경우 Leibo(1984)는 수정란의 등급 간에 차이가 적었으나 질이 좋은 수정란에서 수태율이 좋다고 하였고, 양 등(1988)은 한우 동결 수정란에서 양호란과 불량란 간에 차이가 없다고 보고하여 본 연구 결과와는 차이가 있었다.

그러나 Niemann 등(1985), Wright(1985), 오 등(1986)은 동결 수정란의 질이 좋을 때 수태율이 높다고 하여, 본 연구와 같은 경향을 나타냈다.

또한 Hasler 등(1987)은 신선, 동결 수정란에서 수정란의 질이 수태율에 매우 크게 영향을 미치는 단일 주요 요인으로서 질이 낮을 때 임신인지 물질의 방출도 적어서 수태 저하가 야기됨을 보고하였다.

따라서 수정란 이식 수태율을 높이기 위해서는 신선란은 A, B등급의 수정란을, 동결란은 A등급의 수정란을 이식하는 것이 보다 양호한 결과를 얻을 수 있으리라 사료되었다.

#### 5. 이식 수정란 수와 수태율

1개 또는 2개의 신선란과 동결 수정란으로 이식한 결과는 Table 5에서 보는 바와 같다.

신선란의 경우 1개 또는 2개 이식시 수태율은 65.3%와 61.1%로서 수태율의 차이는 없었다. 동결란의 경우는 1개와 2개 이식시 15.9%와 24.1%의 수태율을 나타내어 2개 이식에서 다소 좋은 결과를 나

타냈지만 역시 유의성이 인정되지 않았다.

김 등(1985)은 비외과적 이식에서 수정란 1개보다 2개 이식에서 수태율이 다소 높았으며 Heyman(1985)의 결과에서도 이와 유사한 경향이였다.

또한 Betteridge 등(1980)도 외과적 이식에서 2개 이식의 수태율이 높다고 보고하였다.

본 연구에서 신선란 2개 이식한 경우에 수태율이 다소 낮았던 결과는 수정란 질이 다소 떨어진 것을 2개 이식한 것에 기인된 점도 있는 것으로 판단되었다.

따라서 이상의 연구 결과들로 보아 동결란의 경우는 용해 후 질이 다소 떨어질 수 있기 때문에 2개를 이식하는 것도 수태율의 향상 측면에서 바람직한 방법인 것으로 사료되었다

## 적 요

본 연구는 한우에서 체내 생산 수정란의 이식에서 수태율에 영향을 미치는 요인을 분석하여 효과적인 수정란 이식 체계를 정립하고자 실시하였으며 수정란을 301두의 수란우에 이식하였다.

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

1. 수란우 총 301두의 수태율은 45.2%였으며 신선란이 동결란보다 유의적으로 높았다(63.5% : 21.4%,  $P < 0.01$ ). 또한 SUPER-OV보다 FSH-P에 의해 다배란 처리로 생산된 수정란의 수태율이 다소 높았으나 유의성은 없었다,
2. 상실배와 배반포를 이식한 수태율은 신선란에서 각각 63.5%와 63.6%였으며, 동결란은 20.0%와 25.8%로서 모두 상실배기와 배반포기

Table 5. Effect of number of transferred embryos on pregnancy rate in fresh and frozen embryos

Embryo Status	Embryo Number	No. of recipients		Pregnancy rate (%)
		Transferred	Pregnant	
Fresh <sup>1)</sup>	1	98	64	65.3
	2	72	44	61.1
Frozen <sup>2)</sup>	1	44	7	15.9
	2	87	21	24.1

<sup>1)</sup>  $\chi^2=0.32(P>0.05)$ .

<sup>2)</sup>  $\chi^2=1.18(P>0.05)$ .

간에 차이가 없었다. 그러나 신선, 동결 수정란의 질은 수태율에 지대한 영향을 주었으며 유의적인 차이가 있었다( $P < 0.05$ ). 신선란에서는 A, B등급(59.0~66.4%), 동결란은 A등급(43.6%)에서 월등히 수태율이 높았다.

3. 이식된 수정란의 수(1개 또는 2개)간에는 수태율에 차이가 없었으나 동결란은 2개 이식에서 다소 수태율이 높았다.

### 참고문헌

- Baker AA, Kobayashi G and Jillella D. 1983. A comparison of the pregnancy rate following nonsurgical and surgical transfer and visual grading of bovine embryos on farms in south-eastern Queensland. *Theriogenology*. 20: 111(abstr.).
- 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.
- Bowen JM, Elsden RP and Seidel GE Jr. 1978. Non-surgical embryo transfer in the cow. *Theriogenology* 10(1): 89-95.
- Callesen H, Lovendahl P, Bak A and Greve T. 1995. Factors affecting the developmental stage of embryos recovered on day 7 from superovulated dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 73: 1539-1543.
- Elsden RP, Seidel GE Jr, Takeda T and Farrand GD. 1982. Field experiments with frozen-thawed bovine embryos transferred nonsurgically. *Theriogenology* 17: 1-10.
- Halley SM, Rhodes RC III, Mckellar LD and Randel RD. 1979. Successful superovulation, nonsurgical collection and transfer of embryos from Brahman cows. *Theriogenology* 12: 97-108.
- Hasler JF, McCauley AD, Lathrop WF and Foot-e. RH 1987. Effect of donor-embryo-recipient interactions on pregnancy rate in a large-scale bovine embryo transfer program. *Theriogenology* 27: 139-168.
- Heyman Y. 1985. Factors affecting the survival of whole and half-embryos transferred in cattle. *Theriogenology* 23: 63-75.
- Humblot P, Perrin J, Jeanguyot N, Nibart M and Thibier M. 1987. Effects of age and quality of thawed embryos, synchronization and corpus luteum function on pregnancy rates of bovine embryo recipient. *Theriogenology* 27: 240(abstr.).
- Leibo SP. 1984. A one step method for direct non-surgical transfer of frozen-thawed bovine embryos. *Theriogenology* 21: 767-790.
- Leibo SP. 1986. Commercial production of pregnancies from one-step diluted frozen-thawed bovine embryos. *Theriogenology* 25: 166(abstr.).
- Linder GE and Wright RW Jr. 1983. Bovine embryo morphology and evaluation. *Theriogenology* 20: 407-416.
- Niemann H, Tenhumberg H, Sacher B and Kruff B. 1985. Pregnancy rates after nonsurgical transfer of cattle embryos frozen and thawed by a field method. *Anim. Breed. Abstr.* 53: 206-207.
- Pettit WH Jr. 1985. Commercial freezing of bovine embryos in glass ampule. *Theriogenology* 23: 13-16.
- 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.
- Seidel GE. 1980. Critical review of embryo transfer procedures with cattle. In : Fertilization and embryonic development *in vitro*. ed. L. Mastroianni, Jr. and J. D. Biggers. Plenum Press pp. 323-353.
- Shea BF. 1981. Evaluating the bovine embryo. *Theriogenology* 15: 31-42.
- Singla SK and Madan ML. 1990. Comparative superovulatory responses in crossbred dairy cattle(*Bos indicus*×*Bos taurus*) with FSH-P and SUPER-OV. *Theriogenology* 33: 328 (abstr.).
- Sreenan JM and Diskin MG. 1987. Factors affecting pregnancy rate following embryo transfer in the cow. *Theriogenology* 27: 99-113.
- 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.
- Wright JM. 1985. Commercial freezing of bovine embryos in straw. *Theriogenology* 23: 17-29.
- 김희석, 오성종, 양보석, 유승환, 김종국, 이근상. 1986. 소에 있어서 이식 수정란의 생존성에 미치는 요인에 관한 연구. *한축지* 28: 578-583.
- 김희석, 오성종, 양보석, 이근상, 정길생. 1985. 소에 있어서 비외과적 채란 및 이식에 관한 연구. *한축지* 27(4): 206-210.
- 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. 서울대학교 박사학위 논문.
- 양보석, 오성종, 유승환, 김희석, 정연후, 이근상. 1988. 한우에 있어서 다배란의 반복처리 및 동결수정란 이식에 관한 연구. *한국수정란이식연구회지* 3: 38-42.
- 양보석, 임경순. 1990. 소 수정란 이식의 현황과 문제점 : 수정란 생산 중심으로. *한국수정란이식연구회지* 5: 1-10.
- 오성종, 양보석, 김희석, 이근상, 김강식, 스피어스, 아우리. 1986. 소의 발정 동기화 및 동결수정란 이식에 관한 연구. *한축지* 28: 468-473.
- 이정호, 박항균, 조민희. 1986. 수정란 이식에 있어서 수란우와 수정란의 상호작용이 수태율에 미치는 영향. *한국수정란이식연구회지* 1(1): 76-80.
- 정길생, 윤종삼, 이훈택, 유승환, 김정익. 1983. 수정란 이식에 의한 우의 쌍태 유기에 관한 연구. VI. 비외과적으로 이식한 신선 및 동결 수정란의 분만성적. *한축지* 25: 424-429.

---

(접수일자 : 1998. 1. 6 / 채택일자 : 1998. 2. 24)