

다산차 젖소에 있어서 인공수정 관련 요인

정정용¹, 박성재^{1*}, 김남형², 백광수¹, 전병순¹, 임현주¹, 허태영¹, 기광석¹, 이경석¹, 강성용¹, 이현준¹, 장원경¹, 김현섭¹
¹농촌진흥청 국립축산과학원, ²충북대학교 농업생명환경대학

Factors Effecting on Artificial Insemination in Multi-Parturition Cattle

Gyeong Yong Jeong¹, Sung Jai Park^{1*}, Nam-Hyung Kim², Kwang Soo Baek¹, Byeong Soon Jeon¹,
Hyun Joo Lim¹, Tai Young Her¹, Kwang Sook Ki¹, Gyoung Suk Lee¹, Sung Yong Kang¹,
Hyun June Lee¹, Won Kyong Chang¹ and Hyeon Shup Kim¹

¹National Livestock Research Institute, RDA

²Chungbuk National University, Department of Animal Sciences

ABSTRACT

The objective of this study was to determine physiological and mechanical factors effecting on the pregnancy rates following artificial insemination in dairy cattle. Estrus for artificial insemination of cows was checked whether the outflow of mucus from the elements was out flow or not. There were no significant difference of gestation rates with mucus release (31.76%) and without mucus release (24.03%). The pregnancy rates were 39.02% in 10~20mm of follicle size group and 27.08% ($p<0.05$) in 20~30mm diameter of the follicles. There were not different pregnancy rates between twice inseminated dairy cattle and more than 3 times inseminated cattle. The pregnancy rate was 28.57% under automatic milking system. In contrast, under artificial milking system pregnancy rate was 56.85%. Two systems significantly ($p<0.05$) were different. These results suggest that pregnancy rates were not effected by physiological system, but mechanical condition.

(Key words : dairy cattle, artificial insemination, pregnancy rates)

서 론

인공수정은 현장에서 실용화된 80여년의 역사를 가진 번식 기술로 전 세계적으로 가장 많이 활용되고 있다(Vishwanath, 2003). 인공수정 기술은 간단하며 경제적이고 또 성공율이 높다. 그리고 자연적인 수정보다는 우수한 가축의 계대 생산을 위한 기간이 신속하며 넓게 퍼뜨릴 수 있는 기술이다. 국내에서는 현재 가임 암소 150여만 두 중 약 95% 이상이 인공수정 기술을 이용하여 약 60% 내외의 성공률로 번식을 하고 있는 것으로 추산된다.

많은 연구자들이 젖소에 있어서 인공수정에 관련된 다양한 영향인자를 분석하고, 이를 제어하는 개선된 기법을 소개하고 있다(Kunzler 등, 1992; Firk 등, 2002). 본 연구는 국립축산과학원내 젖소를 이용하여 2006년부터 2009년까지 실시되었던 인공수정에 따른 젖소 임신에 영향을 미치는 요인별 분석을 수행하였다. 본 연구에서 인공수정 관련 요인의 정확한 분석을 위해 정확한 기록, 발정 증상의 확인, 자궁 및 난소의 상태를 확인하고, 개체별 표준화된 기록에 초점을 맞추고 관련 요

인, 현상에 대한 결과를 도출하였으며, 이들 다양한 요인 등을 분석하여 인공수정에 의한 번식 기술의 발전 방안을 제시하였다.

재료 및 방법

1. 공시축의 선발 및 사양

본 연구에 공시된 젖소는 국립축산과학원 축산자원개발부 낙농과 내 관행적인 TMR 사육 방법에 의해 사육 중인 젖소 260두를 활용하여 관행적으로 실시중인 인공수정에 의한 번식 기술의 관련 요인 및 결과를 분석하였다.

2. 인공수정 실시

인공수정은 1일 2회(오전 9:00, 오후 4:00) 우사 내 개체 간 기록에 의한 자료를 가지고 육안적인 관찰법으로 발정우의 점액 유출, 승가 허용 여부 등을 기록하고, 발정 증상 12±2시간 후를 기준으로 인공수정 대상우의 정확한 판단을 위해 난소 내의 난포 크기를 휴대용 초음파기기(ESAOTE Tringa Linear,

* 본 연구를 위해 많은 협조를 주신 농림수산식품기술기획평가원(109029-03-2-CG000, 308008-05-3-HD110) 연구비의 지원에 감사드립니다.

* Correspondence : E-mail : sjpark@korea.kr

Pie Medical Do. Netherlands)를 이용하여 직장을 통하여 탐촉자를 주입하여 자궁 옆 난소 내 난포의 존재, 직경을 검사하였고, 임신 여부는 자궁 위에 탐촉자를 직각으로 위치하여 손(1996)의 방법을 참고로 검사를 실시한 후 인공수정을 실시하였다.

3. 임신 감정

인공수정우의 경우, 임신 감정은 조기배 사멸 여부를 판정하기 위해 이식 후 37일령에 1차로 실시하고, 임신 확정을 위해 2차로 60일령에 휴대용 초음파기기를 이용하여 태아 및 양수 존재 여부를 손(1996)의 방법을 참고로 확인하였다.

4. 채혈과 호르몬 분석

임신과 호르몬 사이의 관련성 및 자궁의 회복도 관련 요인을 분석하고자 분만 후 15일령부터 42일령까지의 분만, 수정, 임신 확정 시 호르몬 분석용 혈액을 경정맥에서 채혈하여 혈장을 원심분리하였으며, 호르몬 분석은 호르몬 분석 키트(Wallac DELFIA® Hormone Analysis Kit, PerkinElmer™)를 사용하여 분석하였다.

5. 통계 분석

관련된 자료의 처리구와 그룹간의 유의성 검정 분석은 SAS program(1972년 판)을 이용하여 $p < 0.05$ 수준의 유의성을 분석하였다.

결 과

본 실험은 소의 번식 기술 중 보편화된 인공수정기술의 효율성 제고를 위해 다양한 요인을 찾아 조사·분석한 결과이다.

Table 1에서는 인공수정을 위한 발정 관찰시 점액의 유출이 발정 증상 중 매우 중요한 징후의 한 가지이므로 다른 증상(발정 주기, 자궁 상태, 난포 발생 등)은 발정축과 동일하면서 점액 분비의 여부를 중점적으로 관찰한 다음 인공수정 후 임신율의 차이를 조사하였다. 점액 유출의 경우는 31.76%(27/85두), 점액의 무 분비축의 경우는 24.03%(25/104두)의 임신율을 얻어 그룹간 7.73%의 차는 보였지만 유의적인($p < 0.05$) 차이는 없었다.

Table 2의 결과는 소의 발정 시 성숙 난포의 직경을 조사하

여 임신율을 분석하였는데, 손에 의한 측정보다는 보다 정확한 크기를 알 수 있는 초음파상의 직경을 조사하여 구분한 다음 난포의 직경 구분에 의한 임신율을 분석하였는데, 10~20 mm의 난포 그룹에서는 39.02%(16/41두), 20~30 mm의 경우는 27.08% (13/48두)의 임신율의 차이를 보였다. 두 그룹간 11.94%의 임신율의 차이를 보이지만 유의적인($p < 0.05$) 차이는 인정되지 않았다.

Table 3에서는 2회 이상의 분만을 한 젖소를 대상으로 분만 후 인공수정 횟수를 기준으로 임신율을 분석한 결과, 1회 인공수정으로 35.89%(28/78두), 2회 인공수정을 실시한 경우는 34.21%(13/38두)의 임신 결과를 얻었다.

Table 4의 결과는 분만 중빈우의 산차가 인공수정 후 임신율에 미치는 영향을 조사하였는데, 2산 이하에서는 50.73%(35/69), 3산 이상에서는 60.00%(6/10)의 임신율을 보였다.

Table 5의 결과에서는 다산차우에서 분만, 수정, 임신 시 임신 유지 호르몬의 분비 양상을 분석하였는데, 분만 시는 0.64 ± 0.16 ng/ml, 수정 시는 1.24 ± 0.84 ng/ml, 임신 시는 4.03 ± 3.66 ng/ml 수준으로 임신 유지 호르몬이 분비되었다.

Fig. 1의 결과는 분만 후 비유 15일령부터 임신 유지 호르몬의 분비 양상을 분석하였는데, 결과를 보면 분만 후 30일령 경우에는 4.0 ng/ml 수준으로 분비되었다.

Table 2. Effect of different follicle size in artificial insemination (AI) on establishment of pregnancy

Follicle size (mm)	No. of examined cattle	Pregnancy rate (%)
10~20	16/41	39.02
20~30	13/48	27.08

Table 3. Effect of artificial insemination (AI)'s trial number on establishment of pregnancy

AI trial number	No. of examined cattle	Pregnancy rate (%)
1	28/78	35.89
2	13/38	34.21

Table 1. Effect of vaginal mucus secretion in estrus status on establishment of pregnancy

Vaginal mucus	No. of examined cattle	Pregnancy rate (%)
Secretion	27/85	31.76
Non-secretion	25/104	24.03

Table 4. Effect of recipient's multiparity status on establishment of pregnancy after artificial insemination

Multiparity status of recipients	No. of examined cattle	Pregnancy rate (%)
Less than 2nd parity	35/69	50.73
More than 3rd parity	6/10	60.00

Table 5. Progesterone level in parturition, insemination and pregnancy of multiparity cattle

Status of multiparity cattle	No. of examined cattle	P4 level (ng/ml)
Parturition	201	0.64±0.16
Insemination	84	1.24±0.84
Pregnancy	39	4.03±3.66

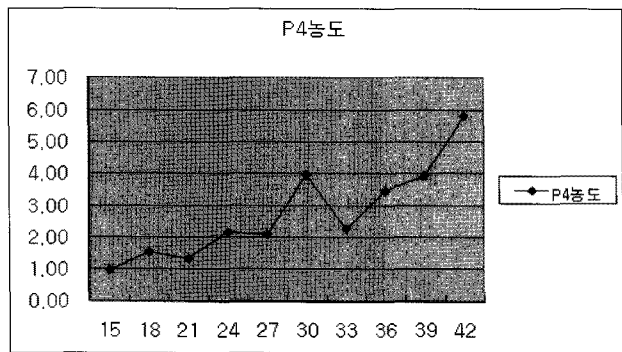


Fig. 1. Progesterone (P4) level of dairy cattle after parturition

Table 6의 결과는 미경산우에 대해 처음부터 인공수정을 실시한 경우와 수정란 이식 2회 후 인공수정한 임신율의 결과이다. 초기 인공수정 미경산우의 임신율은 42.31%(11/26), 수정란 이식 2회 후 인공수정을 실시한 경우, 임신율은 44.95%(40/89)의 성적을 보였다.

Table 7의 결과는 인공수정 대상 증빈우의 산차를 고려하여 구분한 후, 생산 송아지의 발육 효과를 비교하기 위하여 생시 체중을 조사하였는데, 2산 이하 178두에서는 39.94±4.28 kg의 성적을 보이고 3산 이상 분만 경험이 많은 81두의 증빈우에서 생산된 자축의 체중은 42.86±4.70 kg으로 그룹 간 2.92 kg의 평균 체중의 차이를 보였지만 분만 산차에 의한 자축의 생시 체중의 영향 분석에는 유의적인($p < 0.05$) 차이는 없었다.

Table 8의 결과는 자동(로봇) 착유기와 기계식 착유기 간의 임신율 비교이다. 비유 젖소의 개체 능동 판단에 의한 로봇

Table 6. Effect of embryo transfer followed non-pregnant heifer on establishment of pregnancy after artificial insemination

Treatment	No. of examined cattle	Pregnancy rate (%)
AI*	11/26	42.31
ET-non pregnancy**	40/89	44.95

*AI: Artificial insemination.

**ET-Non pregnancy: Non-pregnant heifer after embryo transfer.

Table 7. Effect of recipient's multiparity status on the body weight of calf produced by artificial insemination

Parity	No. of examined cattle	Body weight of calf (kg)
Less than 2nd parity	178	39.94±4.28
More than 3rd parity	81	42.86±4.70
Total	259	40.86±4.57

Table 8. Effect of different milking machines on establishment of pregnancy

Milking methods	No. of examined cattle	Pregnancy rate (%)
Auto-Robot	21	28.57 ^b
Mechanical herringbone	25	56.85 ^a

^{a,b} $p < 0.05$.

착유 시스템과 인위적으로 기계적인 착유 유도 시스템과의 착유 방법 차이에 의한 임신율의 차이를 조사한 것이다. 자동 착유 시스템에 의해 비유가 통제되는 그룹에서의 임신율은 28.57%, 기계식 착유 방법에 의한 착유 그룹에서의 임신율은 56.85%였다. 본 표에서의 결과를 통해 자동 착유기와 기계식 착유기 간 임신율에서 유의적인($p < 0.05$) 차이를 인정할 수 있었다.

고 찰

젖소는 생리적으로 분만 후 우유를 생산하는 경제적인 동물로 우유를 통한 이익의 창출과 아울러 차년도 우유 생산을 위해 번식 주기의 활용이나 생리적인 요인의 조절에 의해 임신과 분만을 유도한다. 본 연구에서는 젖소에서 얻은 인공수정과 관련된 다양한 결과를 생리적 기술적인 요인으로 분류하여 분석 조사하였다.

분만 후 젖소나 비유 중인 젖소는 평균적인 발정 주기 리듬으로 21일의 주기가 있으면서 여러 가지 발정 징후(발정 주기, 자궁 상태, 난포 발생 등)를 보인다. 여기에서 인공수정에서 가장 중요하게 여기는 발정 발현의 한 가지 요인으로 발정우의 승가나 도보 시 점액의 발생과 외부로 유출되는 경우, 직장 검사를 통해 점액의 유출 여부를 관찰하게 되는데, Table 1에서는 점액 유출의 여부를 자궁의 압박 마사지를 통해 점액의 유출을 확인한 다음, 인공수정 후 임신율의 차이를 조사하였다. 점액 유출의 경우는 31.76% (27/85두), 점액의 비유출의 경우는 24.03% (25/104두)의 임신율을 얻어 그룹 간 7.73%의 차는 보였지만 유의적인($p < 0.05$) 차이는 없었다. 본 결과를 보면 점액의 유출이 발정 징후의 일부분으로 중요하지만, 육안

에 의한 발정 관찰의 한계를 보완하기 위해 발정 대상 젖소의 번식 기록, 자궁의 상태, 난포 발생 후 크기 등 다양한 발정 발현 징후를 참조해야 한다는 것이다. 본 결과를 보면 다양한 발정 증상 중 점액의 배출이 없는 경우에도 다른 증상을 참고로 인공수정을 실시하여 임신이 되는 경우가 있어 모든 개체가 점액을 배출한다는 기존의 연구 자료와는 약간 다른 개체 간의 생리적인 차이가 있다는 것을 확인한 결과이다.

인공수정 시 숙련자가 성숙난포의 확인을 위해 손에 촉지를 실행하나, 많은 경우 인공수정 시 난포 촉지로 인한 난포 파열을 우려하여 난소 내 난포의 성숙도를 확인하지 않는 경우가 대부분이다. Table 2의 결과는 휴대용 소형 초음파 기기를 활용하여 발정 젖소의 난소 내 성숙난포의 크기와 상태 확인, 발정 자궁의 팽창도, 자궁의 건강도 등 발정 젖소의 발정 시 다양한 정보를 활용하여 정확한 배란 시기의 예측으로 인공수정 적기를 맞추기 위한 방법으로 발정 젖소의 성숙 난포의 직경을 조사하여 수정 후 임신율을 분석하였다. 인공수정 시 경험적인 손에 의한 촉지보다는 초음파상의 성숙난포 직경을 측정하여 구분한 다음 인공수정 후 임신율을 분석하였는데, 성숙 난포의 직경이 10~20 mm 그룹에서는 39.02%(16/41), 20~30mm 경우는 27.08%(13/48)의 임신율의 차이를 보였다. 그룹간 11.94%의 임신율의 차이를 보이지만 유의적인($p<0.05$)차이는 인정되지 않았다. 본 실험의 결과는 Perry 등(2007) 및 Gumen 등(2003)이 보고한 내용과 유사한데, 난포의 성숙도 판정 후 인공수정을 실시하는 방법이 젖소의 번식을 향상에도움이 된다고 사료된다.

분만 젖소의 재임신은 낙농가의 차년도 수입과 직결되며, 경제 수명 연장과 관련하여 매우 중요한 요소이다. Table 3에서 볼 수 있는 바와 같이 2회 이상의 분만을 한 젖소를 대상으로 분만 후 인공수정 횟수를 기준으로 임신율을 분석한 결과, 1회 인공수정으로 35.89%(28/78두), 2회 인공수정을 실시한 경우는 34.21%(13/38두)의 임신 결과를 얻었는데, 이 결과는 비유 최성기의 젖소라도 1~2회 인공수정 시 70% 이상의 수태율을 얻을 수 있다는 결과로, 젖소의 비유 중 수태율에 관련된 요인 중에는 우유 생산보다는 영양의 관리가 중요하다는 것을 의미한다고 볼 수 있다.

다산차 젖소에서 산차 효과가 인공수정에 영향을 미치는 지를 분석한 결과, Table 4에서 보면 2산 이하에서는 50.73%(35/69), 3산 이상에서는 60.00%(6/10)의 임신율을 보여 산차 간에는 유의적인 차이가 인정되지 않는 결과를 보였다. 이 결과를 볼 때 젖소에서 다산차라고 해서 일반적으로 번식에 불리할 것이라는 선입견을 가지기 보다는 젖소의 번식 기관의 효과적인 관리와 번식 노력이 중요하다고 사료된다.

분만 젖소의 난소에서 분비되는 임신 유지 호르몬의 분비 양상을 조사해 보면, 분만 시는 0.64 ± 0.16 ng/ml, 수정 시는 1.24 ± 0.84 ng/ml, 임신 시는 4.03 ± 3.66 ng/ml 수준으로 조사되었는

데, 이는 임신 유지 호르몬이 난소에서 난포 발생에 영향을 준다는 Fortune(1994)의 보고와도 비슷하며, 성숙난포가 발생할 시기인 수정시는 1.24 ± 0.84 ng/ml 수준으로 분비되어 발정 호르몬의 분비량 증가에 도움을 주고 임신을 유지해야 하는 시기에는 4.03 ± 2.66 ng/ml 수준으로 분비하여 자궁 내 임신 유지에 도움을 주는 것으로 확인되었다. 이 결과는 임신 유지 호르몬이 난포 발생에 보조 기능과 임신 유지 기능 등 다양한 역할을 하는 것으로 사료된다. Fig. 1의 결과를 기준으로 판단할 때에도 위의 결과와 유사하게 분만 후 비유 30일령부터 임신 유지 호르몬의 분비는 4.0 ng/ml 수준으로 분비되는데, 이때는 발정 주기가 정상으로 돌아와 난소 내의 황체 발생, 소멸 등 난소 내 주기가 시작됨을 나타내는 결과로 사료된다. 이 결과는 Chagas 등(2002)의 보고와 비교할 때 임신 유지 호르몬 분비 수준과 연관이 있는 것으로 사료되며, 본 결과를 활용하여 젖소의 재임신 유도를 위한 자료로 활용이 가능하다고 본다.

젖소 보증종모우 생산을 위해 자연적 발정 주기를 보이는 미경산우에 대해 수정란 이식을 2회 실시한 다음 임신이 되지 않은 경우 인공수정을 실시한 경우와 초기부터 미경산우에 대해 인공수정을 실시한 경우의 임신율 비교에서는 초기 인공수정 미경산우의 임신율은 42.31%(11/26), 수정란 이식 2회 후 인공수정을 실시한 경우 임신율은 44.95%(40/89)의 성적을 보여, 수정란 이식법이나 자연적 발정 주기의 미경산우에 대한 인공수정으로 임신율의 유의적인 차이($p<0.05$)가 없이 번식이 가능하다고 사료된다. 따라서 Table 6의 결과는 미경산우라도 수정란 이식에서 수태율이 높지 않으며, 수태율과 관련된 요인에는 난포 직경이나 배란 난자수와 관련이 있다는 Sartori 등(2006)의 보고를 보면 미경산우를 이용한 번식 기술의 한 방법으로 수정란 이식 후 비임신 시 인공수정을 실시하는 한 가지 번식 기술이 될 수 있다고 사료된다.

산차가 자축 생산에 있어 영향을 미치는 지를 조사하고자 인공수정 대상 종빈우의 산차에 따른 송아지의 생시 체중을 조사하였는데, 2산 이하 178두에서는 39.94 ± 4.28 kg의 성적을 보이고 3산 이상 분만 경험이 많은 81두의 종빈우에서 생산된 자축의 체중은 42.86 ± 4.70 kg으로 그룹간 2.9 kg의 평균 체중의 차이를 보였지만, 분만 산차에 의한 자축의 생시 체중 영향에는 유의적인($p<0.05$) 차이가 인정되지 않았다. 이 Table 7의 결과는 인공수정에 의한 산차별 자축의 생시 체중의 효과는 중요한 의미가 없다는 것이다.

낙농에서 착유의 어려움과 성력화의 일환으로 전 세계적으로 많이 이용되는 자동(로봇) 착유 시스템에 의한 착유 시 일일 필요 전량 혼합 급여(TMR) 사양 관리 시스템에서의 임신율을 분석한 결과, 자동 착유 시스템에 의해 착유가 이루어지는 그룹에서의 임신율은 28.57%, 인력이 가미된 기계식(헤링본) 착유기에 의한 그룹에서의 임신율은 56.85%로 자동 착유기와 기계식 착유기 간 임신율에서 유의적인($p<0.05$) 차이를

인정할 수 있었다. 이는 자동 착유 시스템에서 수시 착유에 의한 영양 보충의 기회나 되새김 등 체내에 에너지를 보충할 기회를 상실한 결과로 사료되어 자동 착유 시스템에서는 개체별 유량을 고려하여 착유 회수를 조절할 필요가 있으며, 개체 간 관리가 이루어져야 영양의 보충으로 번식 효율의 증가가 가능할 것으로 사료된다.

결 론

본 연구의 목적은 축산과학원에서 보유하고 있는 젖소에서 인공수정을 실시한 후 임신율에 미치는 요인들을 분석 조사하였다. 인공수정을 위한 발정축의 점검 요소에서 점액 유출의 여부를 가지고 임신율의 차이를 조사한 바 점액 유출의 경우는 31.76%, 점액의 비유출의 경우는 24.03%의 임신율을 얻어 그룹 간 유의적인($p < 0.05$) 차이는 없었다. 발정 시 초음파 기기를 이용하여 성숙 난포의 직경 측정에 의한 임신율에서는 10~20 mm의 난포 그룹에서는 39.02%, 20~30 mm의 경우는 27.08%의 임신율의 차이를 보였으며, 그룹 간 유의적인($p < 0.05$) 차이는 인정되지 않았다. 2회 이상의 분만 젖소를 1회 인공수정으로 35.89%, 2회 인공수정으로 34.21%의 임신 결과를 얻었고, 종빈우의 산차 간 임신율에서는 2산 이하에서는 50.73%, 3산 이상에서는 60%의 임신율을 보였으며, 다산 차우에서 분만 시는 0.64 ± 0.16 ng/ml, 수정 시는 1.24 ± 0.84 ng/ml, 임신 시는 4.03 ± 3.66 ng/ml 수준으로 임신 유지 호르몬이 분비되었고, 분만 후 30일령 경에는 4.0 ng/ml 수준으로 분비되었다. 미경산우 초기 인공수정 임신율은 42.31%, 수정란 이식 2회 후는 44.95%의 성적을 보였다. 종빈우의 산차 간 송아지의 발육 효과 비교에서는 2산 이하에서는 39.94 ± 4.28 kg, 3산 이상은 42.86 ± 4.70 kg으로 그룹 간 2.9 kg의 평균체중의 차이를 보였지만 유의적인($p < 0.05$) 차이는 없었다. 자동 착유 시스템에 의해 착유가 통제되는 경우 임신율은 28.57%, 인위적 착유에서는 56.85%로 유의적인 차이가 있었다. 본 연구의 결과는 젖소의 경우 인공수정 시 젖소의 사육상 문제보다는 착유 시스템에 의해 임신율에 차이가 있다고 생각된다.

참고문헌

- Chagas e Silva J, Lopes da Costa L and Robalo Silva J. 2002. Plasma progesterone profiles and factors affecting embryo-fetal mortality following embryo transfer in dairy cattle. *Theriogenology* 58:51-59.
- Firk R, Stamer E, Junge W and Krieter J. 2002. Automation of oestrus detection in dairy cows: A review. *Livestock Production Science* 75:219-232.
- Fortune JE. 1994. Ovarian follicular growth and development in mammals. *Bio. Reprod.* 50:225-232
- Gümen A, Guenther JN and Wiltbank MC. 2003. Follicular size and response to ovsynch versus detection of estrus in anovular and ovular lactating dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 86: 3184-3194.
- Kunzler RA, Clark DH and Marcinkowski DP. 1992. Changes in vulvar and vestibular tissue of the bovine during the estrous cycle as determined by the use of near-infrared interactance. *Theriogenology* 38:935-944.
- Perry GA, Smith MF, Roberts AJ, MacNeil MD and Geary TW. 2007. Relationship between size of the ovulatory follicle and pregnancy success in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 85: 684-689.
- Sartori R, Gümen A, Guenther JN, Souza AH, Caraviello DZ and Wiltbank MC. 2006. Comparison of artificial insemination versus embryo transfer in lactating dairy cows. *Theriogenology* 65:1311-1321.
- Vishwanath R. 2003. Artificial insemination; the state of the art. *Theriogenology* 59:571-584.
- 손창호. 1996. 초음파 진단의 기본원리 및 소 생식기관의 검사. *한국수정란이식학회지* 11:167-178.

(접수: 2010. 8. 13 / 심사: 2010. 8. 19 / 채택: 2010. 8. 27)