
한우 농가 생산성 향상을 위한 방문형 OPU 수정란 생산체계 확립 및 산업화

연구수행기관: 경상북도축산기술연구소

2023

한우자조금관리위원회

제 출 문

한우자조금관리위원장 귀하

본 보고서, 【한우농가 생산성 향상을 위한 방문형 OPU 수정란 생산체계
확립 및 산업화】의 완료보고서를 제출합니다.

2023년 3월

이 준 구

연구기관명 경북축산기술연구소

연구책임자 이 준 구 (경북축산기술연구소, 한경국립대학교)

연구원 김 대 현 (경북축산기술연구소)

연구원 하 재 정 (경북축산기술연구소)

연구원 김 명 옥 (경북대학교 동물생명과학과)

본 연구결과는 연구진의 의견 및 주장이며 한우자조금의 공식 입장과는 다를 수 있음

한우 농가 생산성 향상 분야 연구

<부제>

(국문): 한우농가 생산성 향상을 위한 방문형 OPU 수정란 생산체계 확립 및 산업화

(영문): Establishment and industrialization of visiting Ovum Pick-Up derived embryo production system to improve productivity of Korean native cattle farms

연구수행기관: 경상북도축산기술연구소

요약본

◆ 연구목적 : 한우 농가 방문형 OPU 수정란 생산체계 및 생산성 향상 연구

- 한우 농가 방문하여 초음파를 이용한 생체 난자 흡입(Ovum Pick Up, OPU) 생산체계를 구축하여 안정적이고 높은 품질의 수정란 생산
- 연구결과를 바탕으로 농가 방문형 OPU 생산 사업을 활성화함으로써 한우 사육농가의 생산성 향상과 개량을 증진의 기회 제공

◆ 연구결과-1 : 난자회수율과 수정란 생산성을 고려한 공란우 선발

- 난소의 예비능력을 확인할 수 있는 지표를 활용
- 후대축 성적+유전능력평가 공란우 선발방법에 더하여 객관화된 공란우 선발

◆ 연구결과-2 : 농가방문 OPU를 위한 보정틀 및 전용 사양가이드

- 시술자와 시술축의 안전을 고려한 공란우 전용 보정틀 제작
- 농가에서 손쉽게 활용 가능한 비계파이프와 클립 및 이동식 보정틀 활용
- 공란우 수란우 전용 사양 가이드 제작 및 농가 컨설팅

◆ 연구결과-3 : 수정란 생산성 및 동결률 향상 연구

- 기존 대비, 약 30% 난자 회수율 증가 및 양질의 난자 회수
- 생산 수정란 농가 공급, 수태율(신선란 60.6%, 동결란 50.9)
※ 1등급(GV2) 난자 비율 64%, 기존 방법 대비 상대적 양질의 수정란 채취

◆ 연구결과-4 : 지역농가 대상 실증 OPU 사업 추진

- 한우농가로부터 공여된 고능력 암소에서 최종 공란우 79두 선발
- 1두당 평균 16.3개 난자채취, 7.2개 수정란 생산, 생산효율 43.6%
※ 기존 본연구팀 OPU 방법 대비 생산효율 약 12% 향상

◆ 연구결과-5 : 연구성과 홍보 및 산업화

- 국내 최고 수정란 생산 및 이식 전문가 초청 강연 2회
- YouTube 영상 제작을 통한 교육 및 연구과제 홍보 7건
- 공중파 영상매체 및 언론 보도자료 3건

목 차

제1장. 수정란 생산 산업의 현황 및 배경	1
제1절. 연구의 목적	1
제2절. 수정란 생산체계의 개요	2
제3절. 연구개발의 필요성	3
제2장. 국내외 수정란 산업 현황	8
제1절. 국내 수정란 산업 동향	8
제2절. 국외 수정란 산업 동향	12
제3장. 공란우 선발을 위한 다각적/객관적 선발지표 적용 ..	14
제1절. OPU 공란우에서 난소 mapping을 통한 난자회수율 증가 ..	14
제2절. 난자회수율과 수정란 생산성을 고려한 공란우 선발	18
제4장. 난자 채취를 위한 보정틀 및 전용 사양 가이드 제시 ..	24
제1절. 선발 공란우의 고품질 난자 채취를 위한 보정틀 개발 ...	24
제2절. 공란우 및 수란우 전용 사양 가이드 제시	26
제5장. 공란우 생체정보 분석 및 미생물 모니터링	31
제1절. 공란우 OPU 시술 후 생체정보 분석	31
제2절. OPU 시술과정 미생물 모니터링 및 오염 방지 가이드	33

목 차

제6장. OPU-체외 수정란 생산성 및 동결률 향상 연구 ..	36
제1절. 연구의 개요 및 실험방법	36
제2절. 난포자극호르몬을(FSH) 이용한 생산성 향상 연구	37
제7장. 지역농가 대상 실증 OPU 사업	44
제1절. 농가 방문 OPU 난자채취 기술 지침	44
제2절. 농가 방문 OPU 난자채취를 위한 mobile 배양실험실 구축	48
제3절. 초우량 한우암소 또는 우량 한우암소 수정란 채취 및 공급 ...	49
제8장. 한우 공란우 유전능력 평가	53
제1절. 한우 유전체 유전능력 평가 방법	53
제2절. 유전체 유전능력 평가 방법적용 현황	55
제3절. 한우 공란우 유전능력 평가	58
제9장. 연구 결론 및 산업화 기술 제언	62
제1절. 농가 개량 육구 충족과 양질의 수정란 생산체계 확립 ...	62
제2절. 수정란 생산체계 방향 전환을 위한 홍보	66
제3절. 정책 제언	68
참고문헌	71
별첨자료	79

표 차례

제1장. 수정란 생산 산업의 현황 및 배경

표 1-1. 수정란의 종류와 장-단점	3
----------------------------	---

제2장. 국내외 수정란 산업 현황

표 2-1. 수정란이식 증명서 발급현황 및 수정란 유래 자축 등록률	9
표 2-2. 수정란이식 자축 성비	9
표 2-3. 사용 빈도 상위 10개 KPN 성비	10
표 2-4. 연도별 KPN 사용 빈도	11
표 2-5. 대륙별 OPU 체외수정란 생산량	13
표 2-6. 대륙별 OPU 및 도축장 유래 체외수정란 이식현황	13

제3장. 공란우 선발을 위한 다각적/객관적 선발지표 적용

표 3-1. 시술자별 구상난포수 측정 결과	16
표 3-2. Random cycle 에서 연구자별 구상난포 수 측정	17
표 3-3. 한우 공란우 AMH 호르몬 농도 측정	20
표 3-4. AMH 수치에 따른 유래 수정란 생산 결과	21

제4장. 난자 채취를 위한 보정틀 및 전용 사양 가이드 제시

표 4-1. 신체충실도와 번식장애 발생을	27
표 4-2. 수란우 영양 및 관리 상태에 따른 수정란이식 수태율	28
표 4-3. 한우 사료급여 방법에 따른 수정란이식 수태율	29

제5장. 공란우 생체정보 분석 및 미생물 모니터링

표 차례

제6장. OPU-체의 수정란 생산성 및 동결률 향상 연구

표 6-1. 회수된 난자의 형태학적 품질 비교	38
표 6-2. 체외성숙, 체외수정, 체외발달 능력에 대한 요약	40
표 6-3. 동결-융해 후 배아의 재팽창율, 부화율을 통한 품질 확인	41
표 6-4. 동결 전, 융해 후 배아의 총세포 수 비교를 통한 품질 확인 ...	41
표 6-5. 수정란이식 임신율 비교 시험	42

제7장. 지역농가 대상 실증 OPU 사업

표 7-1. 농가 방문형 OPU 난자채취 및 수정란 생산 결과	51
표 7-2. 일반 OPU와 농가 방문형 OPU 간의 생산효율 비교	52

제8장. 한우 공란우 유전능력 평가

표 8-1. 공란우에 활용된 아비(부) 내역 및 활용 두수	58
표 8-2. 공란우 후대(거세우) 도축성적	59
표 8-3. 한우(거세) 도축성적(2022년 전체)	61
표 8-4. 한우(거세) 육질·육량등급 성적(2022년 전체)	61

제9장. 연구 결론 및 산업화 기술 제언

별첨자료

표 별첨 1. 번식우 전용 반추위삽입형 캡슐(보러스) 비교	79
표 별첨 2. 번식우 전용 사료첨가제 비교	80
표 별첨 3. 번식우 전용 주사제 비교	81
표 별첨 4. 농가 방문형 OPU 난자채취 및 수정란 생산 개체별 결과	82
표 별첨 5. 공란우 유전체 유전능력평가 결과	87
표 별첨 6. 한우 공란우 내역	90
표 별첨 7. 공란우 혈연지수(PI) 육종가	93

그림 차례

제1장. 수정란 생산 산업의 현황 및 배경

그림 1-1. 연구개발의 목표	1
그림 1-2. 체내수정란 채취 방법과 OPU 유래 체외수정란 생산 방법	2
그림 1-3. IETS 2002년~2020년 총 수정란 생산량	4
그림 1-4. IETS 최근 8년간 소 체내 및 체외수정란 총 생산량	5

제2장. 국내외 수정란 산업 현황

그림 2-1. 국내 OPU-체외 수정란 생산체계 모식도	12
--------------------------------------	----

제3장. 공란우 선발을 위한 다각적/객관적 선발지표 적용

그림 3-1. 난소 내 존재하는 난포 및 황체의 초음파 화상	14
그림. 3-2. AMH, 회수난자, 이식가능한 수정란의 개수 사이의 상관관계	22

제4장. 난자 채취를 위한 보정틀 및 전용 사양 가이드 제시

그림 4-1. 비계(아시바) 파이프와 클램프를 활용한 간편 보정	24
그림 4-2. OPU 난자 채취 휴대형 보정틀 제작 및 지식재산권 등록	25

제5장. 공란우 생체정보 분석 및 미생물 모니터링

그림 5-1. OPU 전/후 반추위내 온도 변화	32
그림 5-2. OPU 전후 반추위내 활동성 변화	33
그림 5-3. 오염원에 의해 감염된 난자와 병원성 세균이 검출된 검사 결과 ..	34

그림 차례

제6장. OPU-체외 수정란 생산성 및 동결률 향상 연구

그림 6-1. 난자채취를 위한 난포자극 및 배란동기화 방법	37
그림 6-2. 그룹 간 회수된 난자의 개수와 난포의 사이즈별 비율	38
그림 6-3. 회수된 난자의 염색질의 상태에 따른 품질 비교	39
그림 6-4. 인공수정을 통한 번식 및 생식 능력 검증	43

제7장. 지역농가 대상 실증 OPU 사업

그림 7-1. 농가 방문 OPU 난자채취 및 수정란 생산 로드맵	47
그림 7-2. 난자채취 및 체외성숙 배양을 위한 이동식 배양실험실 차량	48
그림 7-3. 이동식 배양실험실 차량의 실제 적용 사례	49

제8장. 한우 공란우 유전능력 평가

그림 8-1. 유전체 분석 과정 모식도	53
그림 8-2. 기존 유전평가 모형(BLUP)과 유전체육종가 추정 모형(GBLUP)	54
그림 8-3. 한우암소 유전체분석 업무추진 모식도	57

제9장. 연구 결론 및 산업화 기술 제언

그림 9-1. 농가 방문형 난자채취 및 수정란 생산 기술을 적용	63
그림 9-2. <i>Bos indicus</i> 계열의 육우(Nelore cow)의 채취 난자 특성	64
그림 9-3. 본 연구과제 수행 수정란 생산효율의 비교	65
그림 9-4. 결과 요약 및 국내 한우 수정란 산업의 방향 전환	66
그림 9-5. OPU 수정란 생산 영상 홍보 및 번식기술 교육 영상	66
그림 9-6. 수정란 생산 및 이식 전문가 초청 교육 및 영상 제작	67
그림 9-7. 수정란 생산 및 이식 전문가 초청 심화교육	67

제 1장. 수정란 생산 산업의 현황 및 배경

제 1절. 연구의 목적



그림 1-1. 연구개발의 목표

- 한우 농가 방문하여 초음파를 이용한 생체 난자 흡입(Ovum Pick Up, OPU) 생산체계를 구축하여 안정적이고 높은 품질의 수정란 생산 연구하고자 함
 - 농가에서 직접 채취한 회수난자를 이용하여 이식 가능한 고품질 수정란 생산
 - 외부 농가의 환경과 오염원을 사전에 검사하여 체외배양 체계의 안정화 및 동결수정란의 이용성 증대
- 연구결과를 바탕으로 농가 방문형 OPU 생산 사업을 활성화함으로써 한우 사육농가의 생산성 향상과 개량을 증진 시키고자 함

제 2절. 수정란 생산체계의 개요

1. 국내 한우 수정란 생산체계의 과거와 현재

- 가. 소 수정란 생산 및 이식은 개량에 있어서 가장 효과적인 방법이며, 많은 축산업 선진국에서 이용되고 있으며 빠르게 기술적인 발전과 변화를 가져오고 있음
- 나. 국내에서도 수정란이식을 통한 개량 및 유전자원 보존에 대한 인식이 증가하고 있으며 최근 들어서 정액 확보의 어려움으로 농가에서 선호 정액으로 수정된 수정란의 수요가 급증하고 있음
- 다. 수정란의 생산 및 이식 두수도 점차 규모화되고 늘어가고 있으며, 수정란 산업 초기 과배란처리를 통한 체내수정란 생산이 주를 이뤘으나 낮은 생산효율, 고가의 생산비용, 매회 채란 시마다 수정란 생산효율의 변화가 크다는 단점이 있음
- 라. 비교적 최근에 들어와서는 OPU(Ovum Pick-Up) 즉, 살아있는 암소에 초음파를 이용한 난자 직접채취 방법이 주목받고 있는 기술임¹⁾(그림 1-2).

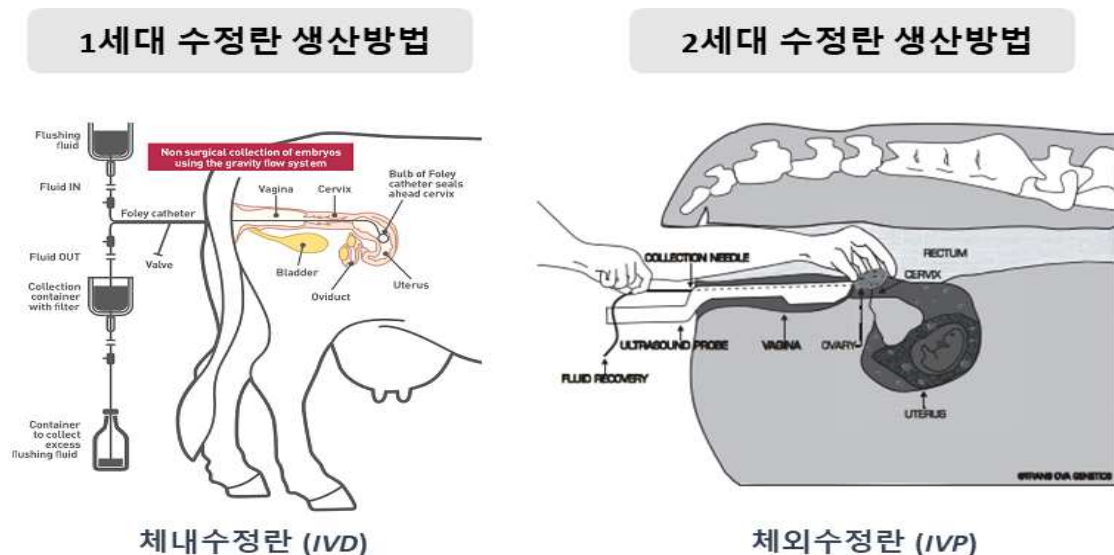


그림 1-2. 체내수정란 채취 방법과 OPU 유래 체외수정란 생산 방법

(출처: Trans Ova genetics, In Vitro Fertilization: A Powerful Tool)

1) OPU 난자채취 기술은 초음파 화상을 이용하여 난포에 바늘을 삽입해 살아있는 동물의 미성숙 난자를 채취한 뒤 체외성숙과 수정을 거쳐 배아를 생산하는 기술임

제 3절. 연구개발의 필요성

1. 한우 수정란 산업의 기술적 성장의 필요성

- 가. 체내수정란 생산과 비교하여 생산효율을 약 10배 이상 증가시킨 기술인 OPU 유래 체외수정란은 3~4개월 체란기간 동안 약 100개 이상의 이식 가능한 수정란을 생산할 수 있음
- 나. 이러한 생산효율은 같은 수의 공란우를 체란한다면 10배 이상의 수정란을 생산할 수 있음을 의미함
- 다. 이러한 체내수정란에서 OPU 유래 체외수정란 생산의 흐름은 국내의 실정뿐만 아니라 세계적인 흐름도 체내수정란 산업은 꾸준히 감소하고 있으며 OPU 유래 체외수정란은 관련 기술이나 장비의 첨단화로 급속도로 증가하는 추세임
- 라. 세계에서 OPU 유래 수정란을 가장 많이 생산하는 나라는 브라질 그리고 미국이 그 뒤를 따라가고 있으며 막대한 투자금이 투입되어 거대산업으로 성장하고 있음
- 마. 우리나라도 수정란 유통의 활성화, 투명화, 광역화를 위해서는 적절한 품질관리와 수태율 향상을 위한 수정란의 품질 시스템 도입 그리고 수정란이식 기술자의 전문적 교육 및 인증제도 같은 것들의 도입이 절실한 실정임

표 1-1. 수정란의 종류와 장·단점

수정란의 종류	장점	단점
체내수정란 (IVD)	- 안정적이고 높은 임신율 - 농가 방문하여 직접 생산 가능	- 과배란 처치에 대한 호르몬 비용 - 연간 약 4~5회 수정란 채취 가능 - 안정적 수정란 생산을 위한 높은 기술력 필요 - 회수되는 숫자가 불규칙적
OPU-체외수정란 (IVEP)	- 생산되는 수정란의 안정적임 - 연간 약 20회 이상 난자 채취 가능	- 초음파등 난자채취에 대한 기술 인력이 필요 - 효과적인 체외수정배양 및 동결 시스템이 필요함 - 체내 수정란 대비 상대적으로 낮은 임신율 - 농가 방문 생산체계가 없어서 수정란 생산 어려움

- 바. 수정란의 종류와 장단점에 대한 설명은 표1과 같으며 현재 꾸준히 노력하여 OPU-체외 수정란의 단점들이 극복되어가고 있으나, 체내수정란 생산처럼 수정란을 생산할 수 있는 공란우의 이동 없이 현장 농가를 방문하여 수정란을 생산하는 시스템이 전무하여 국내 OPU-체외 수

정란 산업이 많은 제약을 받고 있음

마. 지난 20~30여 년간, 소 수정란이식 산업을 견인하였던 것은 체내수정란이었으며, 거의 매년 큰 변동 없이 연간 60~70만 개 내외의 수정란이 생산되었고 당해 생산분의 약 80%가 이식되었음

2. 수정란 생산 방법의 전환, 그리고 다음 단계 도약의 필요성

가. 지난 20~30여 년간, 소 수정란이식 산업을 견인하였던 것은 체내수정란(IVD)이었으며, 거의 매년 큰 변동 없이 연간 60~70만 개 내외의 체내수정란(IVD)이 생산되었고, 당해 생산분의 약 80%가량의 수정란이 이식됨

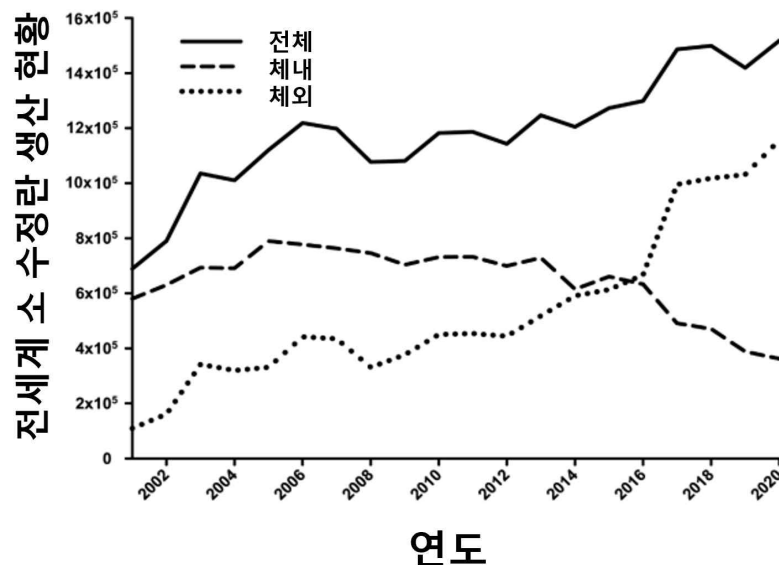


그림 1-3. International Embryo Technology Society (IETS) 2002년~2020년 총 수정란 생산량 (Embryo Technology Newsletter, Data retrieval report. Dec 2020)

나. 반면, IVEP는 지난 20여 년 전만 해도 소 수정란이식 산업계에 영향을 미치지 못하는 수준이었다가, 이후 서서히 그 세를 증가하여 산업계를 견인해오던 IVD 수정란 생산량을 앞지르기 시작하여 (2020년 기준), 가장 최근 데이터인 2020년 기준으로 수정란 생산 규모에서 IVD에 비해 약 2배에 해당하는 실적을 보임(그림 1-3, 4)

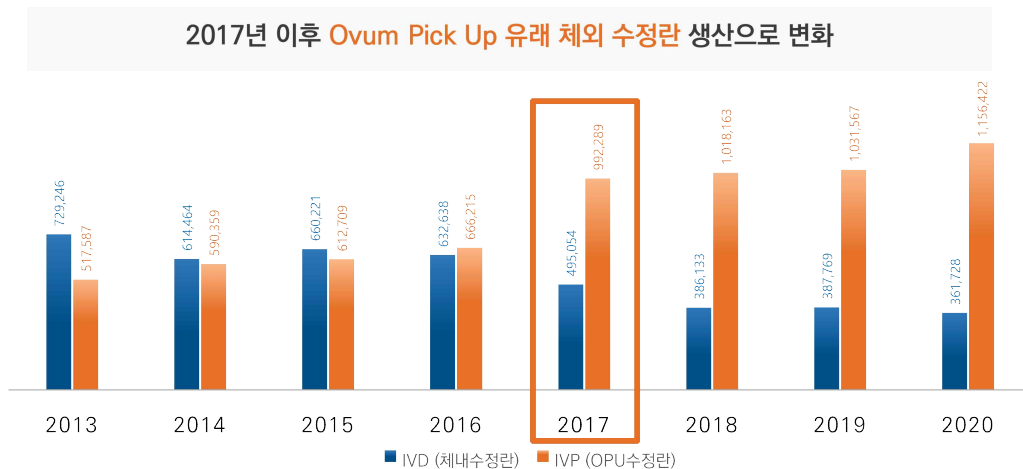


그림 1-4. IETS 보고 자료 중 최근 8년간 소 체내 및 체외수정란 총 생산량
(Embryo Technology Newsletter, Data retrieval report. Dec 2020)

3. 고능력 한우 유전자원의 효율성 극대화 필요성

- 가. OPU를 포함한 소 수정란이식 기술이 관련 산업에 이바지하는 바를 살펴볼 필요가 있음
- 나. 본 기술은 인공수정을 통해 생산된 소의 유전능력 개량을 기존 방법과 비교하면 단기간 내 달성할 수 있게 하며, 최근 기후 환경변화에 따른 번식효율 저하를 극복하는 방안으로 여겨지기도 함
- 다. 앞서 한우자조금관리위원회 연구결과 (“초우량 한우 암소 선발방법 검증 연구” , 연구수행기관: 충남대학교)와 최근 개량과 관련된 연구결과를 살펴보면 암소의 개량목표는 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 같은 현행 육종목표형질의 개량을 위하여 유전적 개량을 향상하는 방향으로 진행해야 한다고 주장함
- 라. 이러한 연구결과를 바탕으로 차세대 기술로 주목받는 유전체 분석과 결합하여, 조기에 유전능력을 선별하고 개량 효과를 높이는 것에 활용될 것으로 사료됨
- 마. 다른 한편으로는 소와 같은 동물에서의 체내 및 체외수정란의 생산 기술을 활용하여 사람의 불임성 질병 극복을 위한 관련 학문 기반을 강화할 수 있음
- 바. 현재 사람에게 적용되고 있는 시험관 아기 및 불임성 질병에 관한 연구의 많은 부분에 소를 포함한 동물의 체외수정란 및 번식 기초 연구

를 통해서 향상되었다고 할 수 있음

- 사. 구제역과 같은 전염성 질병으로부터 우수한 국내 유전자원을 보존하고 이를 확대할 수 있는 근간 기술이 되기도 하며, 한우산업의 국제경쟁력 확보를 위해 지금도 계속된 유전자원 증대를 위해 노력하고 있는 실정
- 아. 이와 관련된 본 연구개발 과제에서 제안하는 농가 방문형 수정란 생산 체계 확립이 더욱 필요한 이유임
- 자. OPU 수정란 생산을 통한 고능력 유전자원을 확보하기 위해서는 각각의 독립적인 기술을 융합하여 최적의 효율을 낼 수 있어야 함
- 차. 난자 회수율의 안정화 및 이식 가능한 배반포생산을 증가 등은 선결되어야 할 중요 기반기술로 평가되기에 본 연구개발 주요 내용으로 설정하였음

4. 농가현장의 개량 육구 충족과 양질의 수정란 공급체계의 필요성

- 가. 과거 수정란이식 산업을 견인해 왔던 체내수정란은 안정된 수태율을 보이는 장점이 있으나, 투자 대비 생산되는 수정란의 개수가 적었던 관계로 더 이상의 산업 성장을 이루지 못함
- 나. 반면 OPU 체외수정란은 과거 불안했던 수태율 극복과 아울러 생산되는 수정란의 개수에 대한 장점 (체내수정란 대비 약 3배 이상)에 힘입어 전체 수정란이식 시장의 규모를 약 2배 이상으로 끌어올렸다 (그림 1-4 참조).
- 다. 하지만 여전히 발정주기 21일을 가지는 소에게 있어서 주기에 따른 양질의 수정란 생산을 변동이 큼
- 라. 전 세계 수정란 산업을 선도하는 북미와 남미의 경우는 반 이상의 그룹에서 2주에 한 번 배란동기화 및 호르몬 처치를 통한 OPU를 실시하고 있으며, 공란우 (Donor) 보유 두수가 적은 국내환경의 경우 발정주기와 상관없이 랜덤한 날에 OPU를 하는 실정임
- 마. 산업의 확대와 농가의 호응 및 육구를 충족하기 위해서는 일차적으로 농가의 부담을 줄여주는 찾아가는 OPU 수정란 생산 서비스 산업을 구축할 필요가 있음
- 바. 국내 수정란 이식산업 또한 약 10여 년간 전체 이식 두수의 규모 변화

없이 (연간 1만 두 미만) 정체기에 머물러 있고, 축산경쟁력 확보를 위해서 고능력 유전자원을 확보해야 하는 현장의 필요성은 여전히 존재
사. 하지만 산업 성장의 가장 큰 걸림돌은 정체된 소 수정란의 생산량과 불안정한 수태율이므로 이를 해결하여 한우 수정란이식 시장의 규모를 키우는 것이 본 과제를 통한 주요 파급효과라 할 수 있음
아. 또한, 현재 전국 시군에서 진행 중인 현장 수정란 이식지원사업의 실효성을 올릴 수 있는 주요 기반기술에 해당하기에 본 과제의 연구개발 기술의 영향력이 클 것으로 기대됨

제 2장. 국내외 수정란 산업 현황

제 1절. 국내 수정란 산업 동향

1. 국내 수정란 산업 기술 현황

- 가. 수정란이식은 모계의 유전형질과 부계의 유전형질을 모두 사용하여 후대에 전달하여 가축개량 효과를 극대화한 방법이며 우수한 유전형질을 보유하고 있는 암소로부터 다수의 수정란을 생산하여 유전능력이 떨어지는 소에게 증식시킬 수 있음
- 나. 특히 꾸준히 긴 시간 동안 개량을 해왔던 농가보다는 새로 진입한 농가나 씨암소를 많이 가지지 못한 농가들은 밀소 확보를 위해 수정란이식 산업에 적극적으로 참여하고 있음
- 다. 국내 다수의 국가연구기관, 대학교, 각 도 축산기술연구소, 산업체에서 수정란 생산과 관련된 사업을 수행하고 있음
- 라. 그러나 상당 부분 도축장 유래의 난자를 활용하여 수정란을 생산 후 공급을 해오고 있는 실정임
- 마. 국내를 제외하고 외국의 사례와 비교해 보면 전 세계 체외수정란의 77.2 %를 생산하는 미국과 브라질에서 도축 난소 활용비율은 (미국; 사용 안 함, 브라질: 약 1.7 %) 현저하게 낮은 수준임
- 바. 손쉽게 구할 수 있고 대량으로 생산이 가능한 도축장 유래 난자를 이렇게 활용하지 않는 가장 큰 이유는 친자 불일치율이 높아 개량을 위한 수정란 산업의 목적을 퇴색시키는 상황이 자주 발생함
- 사. 외국은 혈통이 확실한 개체를 제외하고는 도축 난소 유래 수정란을 자체하고 있음

2. 국내 수정란 이식 현황

- 가. 국내 수정란이식 현황은 최근 3년간의 자료를 수집하여 분석하였으며 공식적인 통계는 집계되지 않는 상황
- 나. 하지만 간접적으로 “한국종축개량협회” 수정란이식 증명서 발급현황과 자료를 근거로 추정해 볼 수 있음
- 다. 수정란이식 증명서는 대부분 생산기관에서 판매 또는 공급 시 배부하는 상황이며 증명서 발행 건수와 수정란 자축 등록 현황을 비교해 보

- 면 수정란이식 수태율을 간접적으로 유추 가능
- 라. 지난 3년간 증명서 발행 대비 등록률은 평균 37%이며, 실제 생산기관에서 발행만 하고 공급하지 못한 증명서를 감안하면 조금 더 낮은 평균치일 거로 생각하고 현재 국내 수정란이식의 평균 번식률은 35% 정도로 추정됨
- 마. 하지만 2022년 등록률은 51.5%로 상당히 높은 등록률을 보였으며 매년 꾸준히 등록률이 증가하는 것으로 확인되었음(표2-1).

표 2-1. 수정란이식 증명서 발급현황 및 수정란 유래 자축 등록률

연도	수정란 자축 등록(건)	수정란 증명서 발행(건)	등록률(%)
2020	5,103	18,713	27.4
2021	6,590	20,485	32.1
2022	7,975	15,840	51.5

- 1) 대부분의 농가에서 암소개량의 목적으로 수정란이식을 선호하는 경향이 있음
- 2) 하지만 실제로 농가에서 체감하는 성비는 상당히 수송아지가 많이 나오는 경향을 보임
- 3) 많은 대학과 연구기관에서 성비와 관련된 연구를 수행하고 있으며 실제 산업 현장에서도 적용되는 사례가 있음
- 4) 최근 3년간 자료를 보면 수컷/암컷(1.57:1)의 비율로 나타나고 있음(표 2-2).

표 2-2. 수정란이식 자축 성비

연도	암(두)	수(두)	소계(두)	수컷/암컷 비율
2020	1,976	3,127	5,103	1.58
2021	2,505	4,085	6,590	1.63
2022	3,240	4,735	7,975	1.46

- 5) 수정란이식에 사용된 KPN의 암수 비율을 확인한 결과 특정 KPN 사용과 무관하게 수송아지 출생의 비율이 높게 나오는 경향을 유지함(표 2-3).

표 2-3. 사용 빈도 상위 10개 KPN 성비

순위	부명호	암(두)	수(두)	소계(두)
1	KPN1203	1,449	2,165	3,614
2	KPN1489	559	983	1,542
3	KPN1314	553	958	1,511
4	KPN950	647	809	1,456
5	KPN1416	509	679	1,188
6	KPN1212	315	546	861
7	KPN1332	387	473	860
8	KPN1080	347	510	857
9	KPN1112	255	476	731
10	KPN1243	268	439	707

- 6) 농가에서 수정란의 수요가 증가하는 이유 중 하나로 우량한 KPN 사용된 수정란을 얻고자 하는 분명한 이유가 있다. 연도별 수정란이식 사용 정액의 종류를 보면 최근 3년간은 KPN 1203이 주를 이뤘음(표 2-4).

표 2-4. 연도별 KPN 사용 빈도

연도	순위	부명호	개수
2020	1	KPN1203	1,738
	2	KPN1112	614
	3	KPN1080	455
	4	KPN950	215
	5	KPN1069	190
	6	KPN1146	182
	7	KPN1046	162
	8	KPN1064	111
	9	KPN1009	103
	10	KPN1060	98
2021	1	KPN1203	1,291
	2	KPN1212	662
	3	KPN950	621
	4	KPN1314	591
	5	KPN1416	550
	6	KPN1080	305
	7	KPN1263	299
	8	KPN1060	168
	9	KPN1489	139
	10	KPN1009	137
2022	1	KPN1489	1,403
	2	KPN1314	915
	3	KPN1332	781
	4	KPN1243	669
	5	KPN1416	621
	6	KPN950	620
	7	KPN1203	585
	8	KPN1263	265
	9	KPN1212	189
	10	KPN1281	165

바. OPU-체외수정란에 대한 인식이 높아지고 있지만, OPU-체외수정란 생산 산업체의 보유 공란우 부족으로 전국의 우수한 유전자원 고루 활용을 못 하는 실정이며, 현장 적용 가능한 난자채취 및 생산체계 구축이 시급하며 전국의 수요가 있는 모든 유전자원을 고루 활용하여 공격적인 개량이 필요함

- 사. 한우 번식사육농가 수정란 생산 및 이식 요청 증가에 따른 요구사항으로 OPU-체외수정란 생산 시 산업체로 소 이동 없이 현장에서 OPU-체외수정란 생산 요청이 증가하고 있으며 이처럼 소 이동을 꺼리는 가장 큰 이유는 질병 문제, 비용 증가, 개체 관리 소홀 등임(그림 2-1).
- 아. 특히 농장주의 심리적인 불안감으로 인한 소극적 참여를 가장 큰 이유로 든다. 이러한 이유로 농장 방문형 OPU-체외수정란 생산체계 구축이 매우 필요한 시점이라 사료 됨

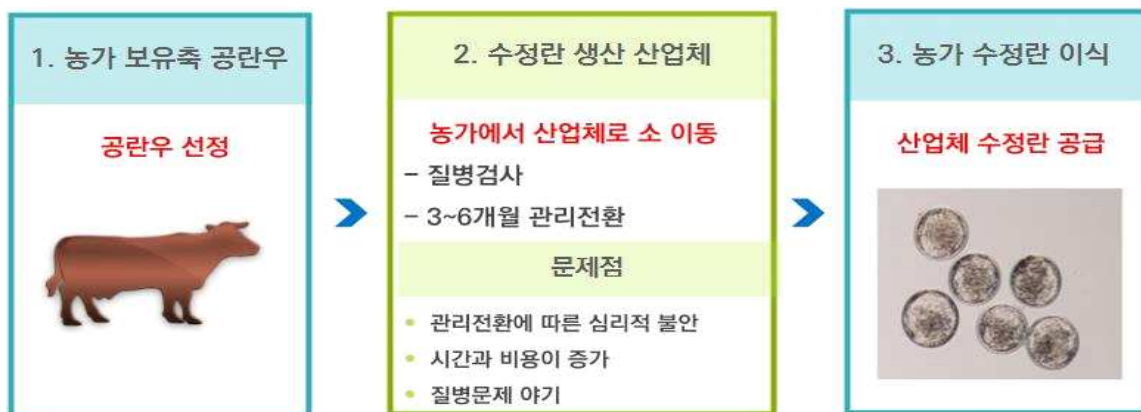


그림 2-1. 국내 OPU-체외 수정란 생산체계(기존 생산 방법) 모식도

제 2절. 국외 수정란 산업 동향

1. 국외 수정란 산업 현황

- 가. 세계적으로 한 번의 OPU를 통해 평균 회당 18.4개의 난자 회수 및 5.1개의 이식 가능 수정란 생산
- 나. 실험에 공여된 난자 수를 기준으로 약 27.4%로 직전 연도인 2019년도보다 회수 난자는 약 3개, 이식 가능한 수정란은 약 0.7개 증가한 수치(표 2-5, 6)
- 다. 이렇게 난자를 회수하고 수정란을 생산하는 기술은 채취 기술과 배양 기술의 발달로 매년 급격하게 발전하고 있으며 OPU 기술이 소 수정란 이식 산업계의 새로운 추세로 주목받은 가장 주된 이유가 여기에 있다고 생각됨
- 라. 세계적으로 수정란 산업은 질 좋은 이식 가능 수정란을 생산해 내는

안정화된 생산체계 선결이 중요한 실정임

표 2-5. 대륙별 OPU 체외수정란 생산량

지역	공란우 수	회수된 난자(개)	이식 가능 수정란(개)
아프리카	866	12,898	4,301
아시아	0	0	0
유럽	13,606	174,543	42,101
북아메리카	123,033	2,388,472	578,205
오세아니아	2,720	57,044	14,341
남아메리카	81,932	1,458,546	483,587
합계	223,620	4,120,754	1,132,773

(Embryo Technology Newsletter, Data retrieval report. Dec 2020)

표 2-6. 대륙별 OPU 및 도축장 유래 체외수정란 이식현황

지 역	이식된 수정란(개)							
	OPU 유래 수정란				도축장 유래 수정란			
	신선란	동결란		합계	신선란	동결란		합계
		국내 소비	국외 소비			국내 소비	국외 소비	
아프리카	1,483	2,676	0	4,159	0	0	0	0
아시아	0	0	0	0	0	0	0	0
유럽	20,320	14,724	211	35,255	36	61	0	97
북아메리카	193,354	146,275	87	339,716	0	0	0	0
오세아니아	10,183	4,384	0	14,567	4	0	0	4
남아메리카	295,444	170,876	0	466,320	6,703	1,122	0	7,825
합계	524,494	345,463	298	870,255	6,743	1,183	0	7,926

(Embryo Technology Newsletter, Data retrieval report. Dec 2020)

제 3장. 공란우 선발을 위한 다각적/객관적 선발지표 적용

제 1절. OPU 공란우에서 난소 mapping을 통한 난자회수율 증가

1. 한우 암소 난소의 mapping

가. 본 과제의 공란우 선발을 위한 우선적 연구 개발내용은 회수 난자 수를 증가시키는 것으로 이를 위해서는 직장검사를 통해 소의 난소를 초음파의 탐촉자에 올려놓고 초음파 화상으로 흡입할 수 있는 난포를 잘 보이게 하는 기술이 중요함

나. 난자채취 시 이용하는 초음파의 화상은 2차원이며 실제 초음파 탐촉자 위의 난소는 3차원적 구조를 띠고 있으므로, 실제 난소에 존재하는 난포(크기 약 3~8mm 내외)는 난소를 정교하게 움직이고, 제어해야만 화상에 잘 전달되는데 이를 난소 mapping이라 함

다. Mapping을 통한 소 난소의 초음파 화상 reading

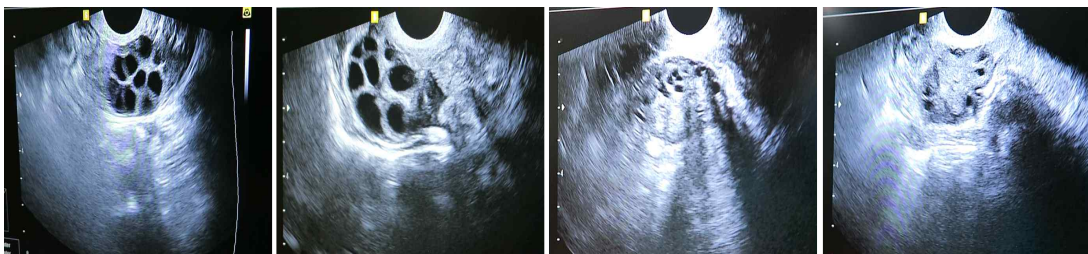


그림 3-1. 서로 다른 한우 공란우 개체의 난소 내 존재하는 난포 및 황체의 초음파 화상

- 1) 초음파 화상에 보이는 직경 5~10mm의 난포들은 사이즈가 균일하고 OPU를 통한 난자회수에 가장 적합한 크기를 보이고 있으며 이는 실험 전 난포자극호르몬 처치(FSH stimulation)를 통해 유도될 수 있었음 (그림 3-1)
- 2) 초음파 탐촉자 위에서의 난소 mapping에 따라 난포의 개수 및 형태는 다르게 보일 수 있음
- 3) 한우 공란우에 처치 후 구상난포(antral follicle)가 선명한 것들을 선별한 것으로, FSH 처치를 하지 않은 일반 대다수의 한우 공란우 난소에

는 크기가 5mm 이하로 작거나, 10mm 이상의 큰 난포들이 서로 혼재되어 있는 것을 확인하였음

- 4) 한편 난소조직 내에 우세난포(Graffian follicle) 및 배란 후 큰 황체가 존재할 경우 회수되는 총 난포 개수는 적어지는 경향을 보였음

2. 소 난소의 AFC(Antral follicle counting; 구상난포 수 측정)

가. 초음파 탐촉자의 정해진 방향으로 난소를 Up & Down 하여 이동하며 동시에 Lateral 방향으로의, 지도를 보는 것과 같은 일정한 형태의 난소 내 난포 preview 기술을 충분히 연마하는 것이 난자 회수율 증가를 위한 일차적 기술지표라 생각됨

나. 이를 간과하고 초음파상에 보이는 난소의 일부 난포만을 무작정 흡입해보는 과정은 기술향상의 측면에서 볼 때 비효율적인 방법이 됨.

다. 균일한 테크닉을 통해 소 난소를 측정하면 객관적인 지표가 될 수 있다고 판단됨

- 1) 같은 조건 (대상우, 초음파 장비, 소 난소 잡는 방법, mapping 순서 등)에서도 실험을 진행하는 시술자에 따라 의 AFC 측정 결과가 달랐음 (표 3-1).
- 2) 서로 다른 공란우에서 연구원별 AFC 개수는 최저 4개부터 최고 34개를 보였음
- 3) 같은 공란우에서 연구원별 AFC 편차는 최저 0.7에서 최고 2.7개의 차이가 있었으며, 이는 연구원의 난소 기술에 따라 회수될 난자의 개수에 차이가 있을 수 있음을 의미함
- 4) OPU 기술자의 mapping condition을 최대한 끌어올려 난소의 상처를 줄이고 안정된 mapping을 통하여 난자 회수를 위한 주사침 삽입 시 한번 천공한 곳을 반복해서 찌르는 것을 줄일 수 있으며 결과적으로 난자 회수율을 증가시킬 수 있을 것으로 예상함

표 3-1. 시술자별 구상난포수 측정 결과

구분	시술자 1 (개)	시술자 2 (개)	시술자 3 (개)	시술자 4 (개)	Mean±SE
00215701****	17	20	19	20	19.0±0.7
00212196****	32	26	25	24	26.8±1.8
00214931****	23	34	25	22	26.0±2.7
00214929****	20	22	22	16	20.0±1.4
00211221****	11	9	8	11	9.8±0.8
00213686****	13	15	15	14	14.3±0.5
00210751****	21	22	23	25	22.8±0.9
00213686****	17	12	16	15	15.0±1.1
00231336****	19	16	25	16	19.0±2.1
00210385****	7	4	6	8	6.3±0.9

2. 동일한 소의 random ovarian cycle 에서의 AFC 결과

- 가. 서로 다른 소에서는 AFC가 다양한 값을 나타내지만, 같은 개체의 소에서의 AFC는 비교적 반복적인 경향을 보였다는 문헌이 있는 반면 (Morotti et al. 2017), 같은 개체를 1년 주기로 AFC를 측정했을 때 반복 개수가 불분명하였다는 서로 다른 문헌도 존재함 (Koyama et al., 2018)
- 나. 이에 관한 내용을 국내 상황에서 확인해 보기 위하여 동일한 개체의 한우 공란우 10 두에서 일 3일 간격으로 3번 측정하였고 최종적으로 3 반복을 수행한 결과, 예상보다 차이를 나타내었음 (표 3-2)

표 3-2. Random cycle 에서 연구자별 구상난포 수 측정

구분	Test 1 AFC (L난포 + R난포)			Test 2 AFC (L난포 + R난포)		
	Day0(개)	Day3(개)	Day6(개)	Day1(개)	Day3(개)	Day6(개)
00215701****	17.2	22.5	19.1	20.4	21.7	17.2
00212196****	35.1	26.4	25.6	27.2	29.4	26.7
00214931****	26.5	34.3	25.3	22.6	29.0	22.2
00214929****	19.6	22.6	22.3	16.3	25.7	23.2
00211221****	10.6	9.5	8.9	11.9	12.6	10.4
00213686****	14.4	15.1	15.2	14.6	12.5	15.5
00210751****	22.3	22.8	23.6	25.5	26.3	22.5
00213686****	15.4	12.2	16.2	15.5	13.4	13.8
00231336****	18.0	16.5	25.5	16.7	15.5	26.4
00210385****	9.9	4.1	6.5	8.5	4.2	7.5

- 1) 표 3-2 에서의 차이는 발정주기에 따른 난소 내 난포의 발육 정도에 기인한 차이로 생각되며, 더 많은 개체 수에서의 AFC 측정 및 발정주기 random cycle에서의 추가 측정을 통해 상기 문헌에서처럼 더욱 좁혀질 수 있을 것으로 판단됨
- 2) 공란우로서 능력과 자질이 검정된 상태에서 최종적으로 공란우 선발을 위한 난포수의 측정은 필수적이라 생각됨

제 2절. 난자 회수율과 수정란 생산성을 고려한 공란우 선발

1. 공란우 선발을 위한 AMH 호르몬의 활용

- 가. OPU 유래 수정란의 생산성 향상 요인은 어떤 공란우를 이용할 것인가에 관한 선택과 관련됨
- 나. 실제 농장 현장에서 공란우/수란우의 선발 및 유지관리에 대한 현장 경험이 최종결과에 중요한 성패 요인으로 작용함
- 다. 소 보유 두수가 많은 브라질의 경우, 공란우 1두를 선발하기 위해 평균 50여 두의 후보 소에서 난소 검진을 통한 AFC를 통해 최종 공란우를 선발함
- 라. 국내 축산환경을 돌아볼 때 이러한 물리적 환경의 차이는 극복할 수 없기에 조금 더 세부적이고 학문적인 분석지표를 동원하면 제한된 공란우 선발이 가능해지는데, 이를 위해서는 소의 번식생리 기전에 관한 이해 및 제어가 필요함
- 마. 난자를 공여하는 공란우의 경우 우선 초음파를 이용한 및 혈액검사를 통한 안티뮬러리언 호르몬 (Anti Mullerian Hormone; AMH) 측정을 OPU 개시 전에 검토할 수 있으며, 또한 과배란처치를 통한 공란우의 난자 회수과정을 점검해 봄으로써 OPU 유래 이식가능한 수정란의 개수를 미리 파악해 볼 수 있음
- 바. 이와 같은 다각적이고 객관적인 공란우 선발지표 적용이 회수난자 개수 증가에 긍정적인 효과를 미칠 것으로 판단함

2. AMH 및 FSH stimulation 처치에 따른 OPU 결과 비교

- 가. 본 연구과제의 주요 목표인 OPU 유래 이식가능 수정란 생산 개수를 높이기 위해, 공란우 선발지표로서 상기에 언급한 AMH 측정 및 AFC 평가를 선행한 후, OPU를 반복 진행하였음
- 나. AMH 측정을 위한 채혈은 FSH stimulation 처치가 시작되기 전, 발정주기 중 random stage에 실시하였고 혈장분리 후 ELISA kit를 사용하여 분석하였음
- 다. AFC 평가 또한 발정주기 중 random stage에 초음파를 이용한 직장검

사를 통해 난소 내 판별 가능한 직경 3mm 이상의 난포 개수를 좌우측 난소의 합으로 산정함

라. FSH stimulation 처치는 progesterone, estrogen, FSH 호르몬제를 다음 그림과 같은 방법으로 처치하였음

3. 한우 암소에서 AMH 측정

가. AMH 관련 연구내용

- 1) 난소 예비능을 반영하는 지표로서 다른 혈액학적 지표 (FSH, E2, Inhibin) 및 AFC 등의 검사에 비해 객관적인 평가가 가능하며 앞으로 배란될 난포의 수를 평가할 수 있음
- 2) 난포의 과립막 세포에서 생성되는 호르몬으로 연령이 증가함에 따라 난포의 수가 적어지면 그 수치도 감소하는 것으로 알려져 있음.
- 3) AMH 수치는 번식 주기와 무관하게 일정해서 언제나 측정 가능한데 AMH는 난자의 양 (quantity)에 대한 척도가 될 수 있으나 난자의 질 (quality)에 대한 척도는 아님.
- 4) 하지만 사람과 달리 한우의 사양 환경에 따라 AMH 측정 결과 대비 난소의 건강상태 및 난포 형성 변이가 많을 것으로 예상함
- 5) 다수의 한우 공란우에서 개체별 AMH 측정

가) 한우 공란우를 대상으로 AMH 를 측정한 결과 (총 54두), 최저 276.5 pg/ml부터 최고 2212.5 pg/ml까지 개체별 차이가 있었고 평균 1068.8 pg/ml로 나타났음(표 3-3)

나) 향후 더 많은 개체의 값을 축적하여 한우 품종에서의 연령대별 평균치를 찾아볼 수 있을 것으로 사료됨

다) 참고문헌에서도 소의 품종 연령 및 개체에 따라 AMH 값이 다양하게 나타나는 것으로 보고되어 있으며 (Ribeiro et al, 2014; Alward and Bohlen, 2019), 한우 또한 같은 경향을 보일 것으로 생각함

표 3-3. 한우 공란우 AMH 호르몬 농도 측정

연번	공란우	AMH (pg/ml)	연번	공란우	AMH (pg/ml)
1	00231200****	2212.5	28	00211598****	692.1
2	00210512****	1762.5	29	00214785****	672.3
3	00211221****	1735.5	30	00208872****	670.5
4	00212433****	1602.9	31	00209993****	646.9
5	00211843****	1425.5	32	00210919****	629.0
6	00210383****	1411.1	33	00230536****	625.0
7	00210892****	1405.5	34	00214369****	584.1
8	00209254****	1398.1	35	00209193****	537.3
9	00210150****	1344.8	36	00209555****	492.0
10	00211342****	1265.5	37	00230110****	486.4
11	00206237****	1263.2	38	00209772****	441.8
12	00208608****	1253.5	39	00210614****	440.2
13	00231176****	1150.2	40	00212553****	430.9
14	00209723****	1143.0	41	00230114****	425.2
15	00212553****	1117.4	42	00209191****	408.0
16	00206237****	1085.2	43	00230385****	407.4
17	00209018****	1024.1	44	00205541****	406.1
18	00209077****	912.4	45	00211269****	403.9
19	00230110****	884.1	46	00209198****	398.0
20	00210150****	873.4	47	00209198****	387.0
21	00210546****	849.0	48	00210420****	365.2
22	00209993****	842.0	49	00207011****	325.2
23	00210006****	846.6	50	00211843****	296.4
24	00209198****	799.0	51	00212184****	280.5
25	00208354****	736.2	52	00211598****	276.5
Mean±SE : 1068.8±75.6					

4. AMH 수치와 OPU 결과의 관계 확인

가. AMH 수치에 따른 OPU 결과

1) 공란우 20두를 대상으로 수치와 결과 사이의 관계를 분석하였음(표 3-4)

표 3-4. AMH 수치에 따른 유래 수정란 생산 결과

공란우	AMH (pg/ml)	AFC(개)	회수난자 (개)	이식가능 수정란(개)	이식가능 수정란 비율
00231200****	2212.5	27	19.9	7.5	37.6%
00212433****	1602.9	25	17.6	8.4	47.7%
00211843****	1425.5	26	18.1	3.5	19.3%
00212553****	1117.4	14	19.3	5.5	28.5%
00206237****	1085.2	13	8.2	1.6	19.5%
00209018****	1024.1	18	18.5	8.6	46.5%
00209077****	912.4	19	12.1	7.4	61.2%
00230110****	884.1	25	15.5	12.6	81.3%
00210150****	873.4	26	17.5	11.5	65.7%
00210546****	849.0	24	12.5	7.3	58.4%
00209993****	842.0	12	8.6	4.6	53.5%
00214785****	672.3	18	11.2	3.4	30.4%
00208872****	670.5	24	11.5	4.2	36.5%
00209993****	646.9	15	12.6	4.5	35.7%
00210919****	629.0	29	16.9	6.4	37.9%
00210614****	440.2	10	8.4	5.3	63.1%
00212553****	430.9	15	9.5	4.8	50.5%
00210420****	365.2	11	7.2	2.5	34.7%
00207011****	325.2	9	6.5	1.7	26.2%
00211843****	296.4	14	10.2	2.4	23.5%

나. OPU 결과(회수율 및 수정란 생산)에 따른 AMH와 상관관계 분석

- 1) AMH 와 회수난자 개수 사이에는 AMH 수치가 높은 개체일수록 회수 난자의 개수가 많아지는 강한 양의 상관관계를 보였으며 유의성을 확인할 수 있었음($r=0.5188$, $p<0.004$); (그림 3-2).

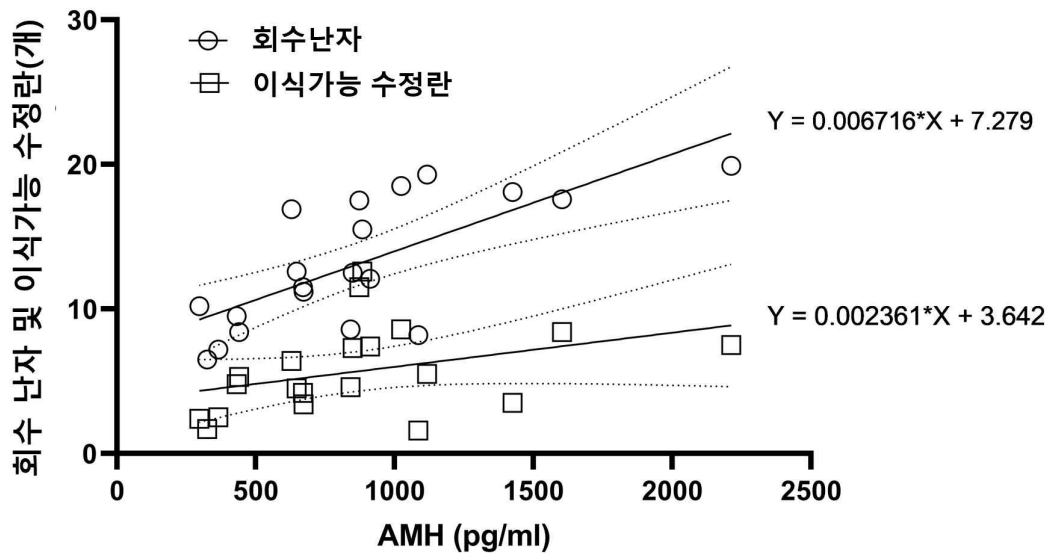


그림. 3-2. AMH 수치와 회수난자 (△) 및 이식가능한 수정란의 개수 (○) 사이의 상관관계

- 2) 반면, AMH와 이식가능 수정란 개수 사이에는, 수치가 높은 개체에서 이식가능 수정란 개수가 많아지는 경향은 있지만 (약한 양의 상관관계) 유의성이 확인되지는 않았음($r=0.2921$, $p=0.1127$)
- 3) 이 결과는 공란우 개체의 AMH 수치는 난포 발생에 직접 영향을 끼칠 수 있어서 OPU 난자의 회수개수와 깊은 관계가 있지만, 이후 수정란의 발육은 다른 변수들, 즉 개체의 연령, 산차 및 영양상태 또는 회수난자의 발육단계 등과 같은 생물학적 요인이나 계절과 실험방법 차이 등의 외부환경적 요인에 의해 달라질 수 있음을 의미함

5. 공란우 선별지표 선정

가. 일반적으로 보유 유전능력이 뛰어난 암소를 OPU 공란우로 선별하는 경향이 있으나, 그 기준만을 선별지표로 적용하였을 경우 수정란생산 결과가 유전능력 보유와는 별개로 나타나기도 함

- 나. 따라서 유전능력이 뛰어나며 동시에 수정란 생산능력이 좋은 개체를 최종 선발하는 것이, 산업적 측면에서 수정란이식 체계의 현장적용 시 성공 가능성을 증대시킬 수 있을 것으로 판단됨
- 다. 본 연구팀은 유래 이식 가능 수정란의 생산효율을 증가시키기 위해 OPU 대상 공란우 선별을 위한 필수 검사자료로 AMH 측정 및 AFC 측정한 후, 이 두 가지 요인의 정량적 수치를 같은 비율로 합산한 총합을 산정하여 순위를 정하고²⁾ 상위 50%에 해당하는 개체를 최종 공란우로 선정하는 체계를 적용하기로 하였음

2) 정략적 수치 계산방법

AFP 스코어 : 25개 이상=50점, 25개 이하=50*AFP/25

AMH 스코어 : 1000 pg/ml 이상=50점, 1000 pg/ml 이하=50*AMH/1000

제 4장. 난자 채취를 위한 보정틀 및 전용 사양 가이드 제시

제 1절. 선발 공란우의 고품질 난자채취를 위한 보정틀 개발

1. OPU 작업 시 보정을 위한 농가 맞춤형 간이 보정틀 개발

가. 농가 방문형 OPU 난자채취 시 시술자의 안전과 난자채취 대상축인 공란우의 안전을 반드시 고려해야 함

가. OPU 작업자는 항상 위험에 노출되기 쉬우며 공란우 또한 새로운 채취 환경에 노출되는 상황이라 흥분을 가져오는 경우가 대부분임

나. 보정의 개념은 공란우의 날땀, 몸 비틀기, 발길질과 같은 상황에 대비하여 소의 좌측, 우측 그리고 뒤쪽을 남는 공간 없이 밀착시켜 보정하는 것이 중요하다고 생각됨

다. 농가에서 보유 중인 자재를 활용한 보정틀 제작

1) 비계 파이프 및 클램프 활용 (그림 4-1)



그림 4-1. 비계(아시바) 파이프와 클램프를 활용한 간편 보정

2) 위 그림과 같이 대부분의 한우 농가에서는 송아지 분리 및 간이 분리책으로 비계파이프와 클램프를 평상시 활용을 하고 있으며, 난자채취를 준비함에 있어서 경제적인 부분과 설치 난이도를 고려한다면 합리적인 방법이라 사료됨

3) 보정이 잘 되어있으면 OPU 난자채취의 시술 속도, 채취 시 초음파와

같이 난소에 삽입되는 바늘의 채취 정확도도 높아지며, 혹시 모를 공간상의 흥분과 움직임에도 작업자가 보호될 수 있는 장점이 있음

2. OPU 난자 채취 시술자 중심의 휴대형(이동식) 보정틀 제작

- 가. 본 보정틀은 고정형 보정틀이 없는 사육농가에서 암소의 난자채취를 위한 휴대용 보정틀이며 난자채취를 위해 농가의 스탠천과 결합되는 구조를 가지고 있고, 궁극적으로 암소(생축)의 난소에서 난자를 채취하기 위해서는 휴대용 암소 보정기구임
- 나. 디자인(그림 4-2)은 전체적으로 “ㄷ”자 형태로 구성되어 있으며, “ㄷ” 형태의 각 좌/우측면은 2개의 부분으로 나누어져서 휴대성을 높였음
- 다. 디자인의 뒤쪽 부분에는 시술자의 안전을 고려하여 걸쇠를 걸 수 있는 구조이기 때문에 소의 발길질을 예방할 수 있음
- 라. 앞쪽은 기존 우사의 펜스와 고정하는 신축성이 있는 밴드가 연결되어 있고, 다리 부분에는 총 6개의 바퀴를 장착하여 무게 배분 및 이동의 효율성을 높였음



제 2절. 공란우 및 수란우 전용 사양 가이드 제시

1. 공란우 선발

가. 핵심사항

- 1) 유전적으로 우수한 혈통 등의 형질을 가진 유전질환이 없는 개체
- 2) 후대 도축성적이 우수한 개체이거나 유전체 유전능력이 우수한 개체
- 3) 외모 및 건강상태가 양호하며, 전염성 질환이 없는 개체(고령우 제외)
- 4) 1산 이상의 발정주기가 정상적이며, 번식능력이 높은 개체
- 5) 과비가 되지 않았으며, 난소 촉진 및 견인이 쉬운 개체

나. 검토사항

- 1) 공란우로 선택하는 연령은 10세가 초과하면 원시난포가 적어서 배란수가 감소하므로 초산부터 10세까지의 범위에서 선택
- 2) 분만 후 최소한 2개월 이상 즉, 번식기능이 활발히 활동하고 있는 개체를 선정하여 과배란 처리한다면 좋은 성적 기대
- 3) 과배란을 유기하기 위한 성선자극 호르몬의 투여일은 성주기의 9~14일의 범위 권장
- 4) 자궁내막염, 난소낭종, 기타 생식기 질병, 장기 공태 등의 번식 장애우 등은 공란우로 제외
- 5) 과비된 소는 과배란처리가 불량하고 난자 채취자가 생식기를 다루기 불편함으로 제외

2. 수란우 선발

가. 핵심사항

- 1) 수란우 선발 전 최소 2회 이상 정상적인 발정주기를 유지하는 개체(인공수정 2회 이상 실시된 비임신우는 제외)
- 2) 난소 및 직장검사 결과 이상 없고, 농성 물질이 없는 건강한 생식기를 보유한 개체
- 3) 결핵 등 법정 전염성 질병이 없으며, 유·사산, 후산정체, 산욕기 질환 등의 발생경력이 없는 건강하고, 포유능력 및 자축 관리 잘하는 개체
- 4) 외형적으로 체구가 좋고 양호한 건강상태를 유지하고 있는 성숙한 처녀우

나 1~2 산의 젊은 경산우 위주 선발 권장

5) 외모심사 기준 BCS 2.5~3.0(갈비뼈가 2~3개 보이는 정도)의 포유 종료 개체

표 4-1. 신체충실도와 번식장애 발생율

신체충실도 (BCS)	조사두수	번식장애 발생두수(%)	발생유형(%)			
			발정이상	난소이상	저수태우	기타
2.0 이하	164	30(18.3)	46.7	10.6	43.3	6.7
2.5 ~ 3.0	323	47(14.6)	38.3	6.4	40.4	14.9
3.5 이상	74	36(48.7)	30.6	23.2	36.1	11.1

(출처, 국립축산과학원)

나. 검토사항

- 1) 수정란이식 2개월 전에 선발하여 특별 사양관리 및 번식관리(발정주기 - 기록관찰) 시행 필요
- 2) 수란우 선발 이후 농후사료 2kg, 양질의 조사료(녹도가 좋은 풀) 6kg정도 또는 조(7~8):농(3~2) 비율로 1일 2회 급여 권장(낮은 품질의 수단그라스 등 다즙질 조사료 제외)
- 3) 체형관리 및 사료량 조절이 불가피할 경우 갑작스러운 사양관리 변화는 스트레스를 초래할 수 있으므로 서서히 최소 2~3주 정도의 시간을 갖고 서서히 변경 시도
- 4) 수정란이식일 ±3주까지는 각종 스트레스로부터 보호를 위하여 일체의 환경변화 및 사료 변경 금지(스트레스는 수정란의 착상 방해, 사망, 유산 등을 일으키는 원인이므로 집단 및 밀식사육 등의 불량환경 금지)
- 5) 스커가드, 캐틀마스터, 엘리트4-HS 백신, 아까바네, 전염성비기관염(IBR) 등 바이러스성 질병 대응을 위한 예방접종이 필요한 경우 최소 이식 30일 전 완료(특히, 전염성 비기관염 및 소 바이러스 설사병 등에 따른 유산방지 필요)

- 6) 상한 사료나 곰팡이가 있는 사료 절대 공급 금지(곰팡이균은 난소낭종, 배아 소실, 수태율 저하 등의 원인)
 - 7) 번식효율 높이기 위해 비타민(A, D3, E, C), 미네랄(Zn, Mn, Fe, I, Se), 항산화제(베타카로틴) 등을 복합급여와 미네졸, 비칸톨 등의 주사제 1회/주 정도 투여
 - 8) 주위 환경이 청결하고 보정을 하기 쉬운 곳에서 안정시키고 수정란이식 전후에는 과도한 운동을 삼가
 - 9) 공란우 및 수란우 영양관리
- 다. 영양소 이용(에너지원 관리)
- 1) 기초대사나 유지, 성장발육, 운동, 생산 등에 많은 에너지가 동원되어 이용되기 때문에 에너지는 필수적인 영양소이기는 하지만 대부분의 건강한 가축에서는 부족보다는 과잉이 우려될 만큼 사료 공급원 속에 충분히 존재함
 - 2) 에너지는 탄수화물의 형태로 공급되는 것이 대부분인데 특히 소에 있어서는 공급량과 함께 품질이 문제가 되는 경우가 많음
 - 3) 번식우에서 에너지가 적은 사료를 공급하여 에너지 부족 상태를 지속시키면 혈중 프로게스테론 농도를 떨어뜨려 임신을 유지하지 못해 착상 실패나 유산이 일어날 수도 있음
 - 4) 또한 아직 자궁이나 난소의 기능이 정상적으로 회복되지 않은 상태에서 에너지 부족이 장기간 계속되면 이들 기관의 회복이 지연되어 발정 재귀가 늦어지는 등 무발정 상태가 연장될 수도 있음

표 4-2. 수란우 영양 및 관리 상태에 따른 수정란이식 수태율

사양관리	이식두수	임신두수	수태율(%)
양호	1,150	489	42.5
불량	316	113	35.8

(Benyei et al, 2006)

- 5) 에너지원으로서의 섬유소원은 송아지를 제외한 모든 시기의 반추가축에게 정상적인 에너지대사를 위해 반드시 필요함
- 6) 에너지 과잉은 주로 비만의 형태로 나타나며 번식우에게 비만은 치명적으로 번식이나 대사를 조절하는 호르몬의 불균형을 초래하여 난소나 자궁 등 생식기관의 정상적인 기능을 방해할 뿐만 아니라 각종 대사성 질환을 유발하므로 수란우는 세심한 관리가 필요함

라. 비타민과 무기질 관리

- 1) 반추위 내 미생물은 각종 수용성 비타민을 생산하기 때문에 반추가축은 일반적으로 별도의 수용성 비타민이 필요하지 않지만 지용성 비타민은 인위적으로 공급해 주어야 함

표 4-3. 한우 사료급여 방법에 따른 수정란이식 수태율

농가	농후사료(kg)	조사료(kg)	이식두수	임신두수	수태율(%)
A	3.0	4.0	32	17	53.1
B	4.5	6.6	21	7	33.3
C	3.0	5.0	7	4	57.1
D (방목지추가+청초급여)	2.5	3.0	12	6	50.0
E	2.0	6.0	28	18	64.3

(Son et al, 2006)

- 2) 비타민 A는 정상적인 번식 활동에 필수적인 영양소로 수태, 임신 유지에 영향을 미치며 후산정제, 유산, 사산 및 허약한 송아지 생산과도 관계가 있음
- 3) 비타민 D는 햇빛에 의하여 피부에서 합성되므로 장기간 우사내에서만 사육하지 않으면 문제가 되지 않음

- 4) 비타민 E는 프로스타글란딘의 합성에 관여하여 정상적인 발정주기를 유지시키고 분만 후 후산 배출을 돕는 기능이 있으며 항산화 작용으로 생체막을 보호하고 면역기능을 강화시켜 질병에 대한 저항성을 증가
- 5) 칼슘, 마그네슘, 포타슘, 인 등과 같이 비교적 많은 양을 필요로 하는 것도 있는 반면 극히 미량만으로 그 기능을 발휘하는 것도 있음
 - 가) 번식과 관련하여 칼슘은 난소의 스테로이드 호르몬 생성에 관여하며, 자궁의 운동성, 분만 후의 자궁정복에 영향
 - 나) 인은 정상적인 난소에 기능 유지에 필수적이며 발정이나 수태에 영향
 - 다) 포타슘은 모든 세포의 안정막전압(Resting membrane potential)에 영향을 미치므로 중요한 성분임
 - 라) 그밖에 번식과 관련되어 작용하는 중요한 무기물로 요오드, 구리, 아연, 망간, 셀레늄 등이 있는데, 특히 셀레늄은 비타민 E와 함께 작용

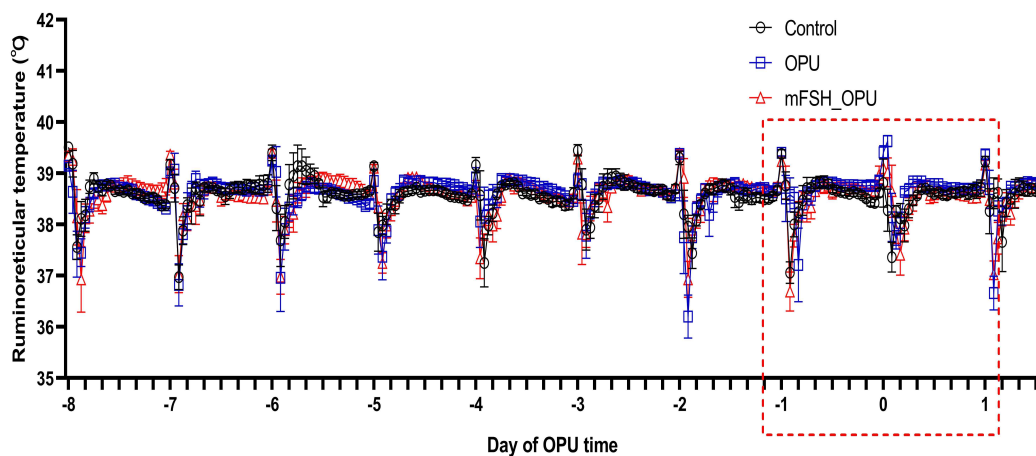
제 5장. 공란우 생체정보 분석 및 미생물 모니터링

제 1절. 공란우 OPU 시술 후 생체정보 분석

1. OPU 전/후 반추위 내 온도 및 활동성 변화

가. 생체 삽입형 바이오센서를 활용한 공란우 체온 변화 연구

- 1) 호르몬의 사용은 주의 깊은 관찰을 요구하며 반복적인 채취에도 공란우의 바
이오리듬이 정상이어야 지속적인 연구와 수정란 생산 산업을 이어갈 수 있
으며 부작용 없이 장기간 공란우를 반복 채취함을 목표로 해야 함
- 2) OPU 전후 반추위 내 온도 및 활동성을 생체 삽입형 바이오센서
(SmaXtec, 리얼팜, 오스트리아)를 활용하여 측정하였음
- 3) 공시축 : 총 18두 (Control 6두, OPU 6두, mFSH_OPU 6두) X 6 반복
- 4) 반추위내 온도의 경우 약 36~40℃ 정도의 범위를 나타내었으며 매일
특정 시간에 온도가 급격하게 하강하는 부분은 사료 섭취 후 음수 섭
취에 따른 정상적인 패턴임 (Dh Kim et al. 2021).
- 5) OPU 전후 24시간의 온도 변화를 확인한 결과 Control, OPU, FSH-OPU
(mild FSH처리 후 OPU) 시험군에서 유의적인 차이를 보이지 않음 (그
림 5-1).



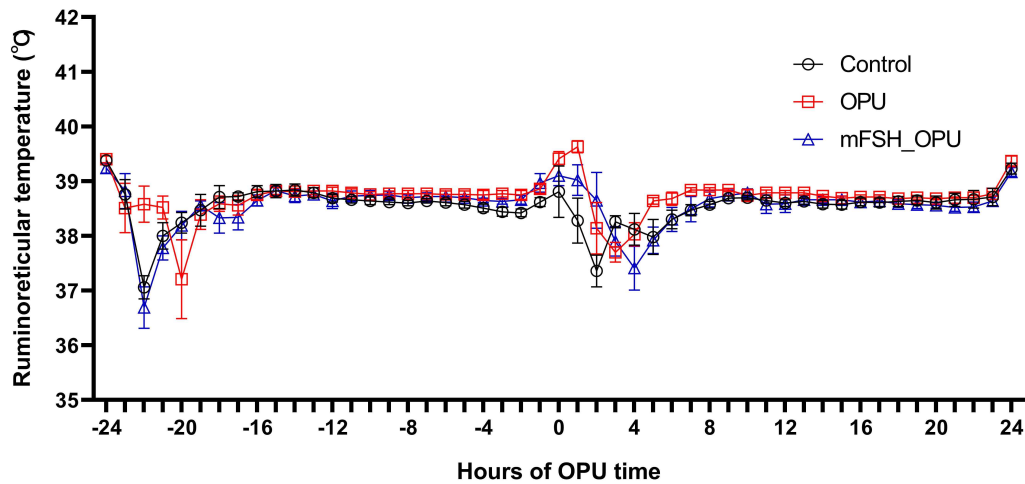


그림 5-1. OPU 전/후 반추위내 온도 변화

- 6) 따라서 FSH를 투여한 공란우 실험군에서는 대조군과 비교해서 유의적 차이가 없는 것으로 보아 눈에 띄는 부작용이 없을 것으로 생각되지만 6 반복 채취를 넘어 장기적인 관점에서 호르몬제제를 이용한 반복 채취에 관한 연구가 필요하다고 봄

나. 생체 삽입형 바이오센서를 활용한 공란우 활동성 변화 연구

- 1) 반추위 내 활동성의 경우 약 0~20도 정도의 범위를 나타내었으며 매일 특정 시간에 활동성이 급격하게 증가하는 부분은 사료 섭취 및 음수 섭취에 따른 정상적인 패턴임을 확인
- 2) OPU 전후 24시간의 활동성 변화를 확인한 결과 Control, OPU, FSH-OPU 시험군에서 유의적인 차이를 보이지 않음
- 3) 또한, FSH-OPU의 경우 -7일 전 CIDR 삽입 및 E2 주사, -4일 전 CIDR 제거 및 PG 주사, -3일 및 -2일 FSH 주사 및 처치 등에 따른 생체변화(반추위내 온도 및 활동성)를 확인한 결과 처치하지 않은 Control 시험군에 비해서 유의적인 차이를 보이지 않음 ($p < 0.005$) (그림 5-2)
- 4) 따라서 OPU 및 FSH-OPU에 따른 생체변화를 종합적으로 검토한 결과 OPU기술에 따른 부정적인 영향(질염, 염증반응, 체온상승 등)은 발생하지 않는 것으로 보임

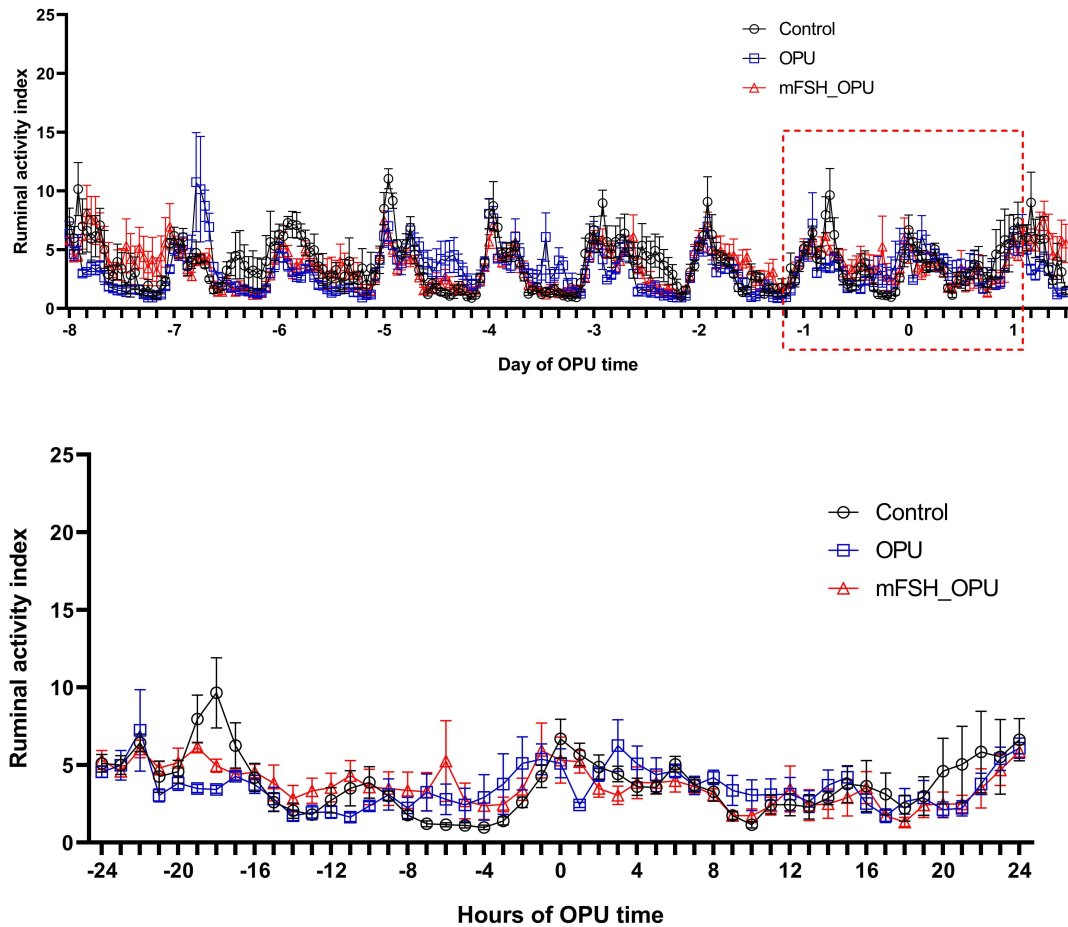


그림 5-2. OPU 전후 반추위내 활동성 변화

제 2절. OPU 시술과정 미생물 모니터링 및 오염 방지 가이드

1. 난자채취 시 오염 방지를 위한 미생물 모니터링

가. 농장 방문 OPU 난자채취 시 난자의 오염도 발생률 증가

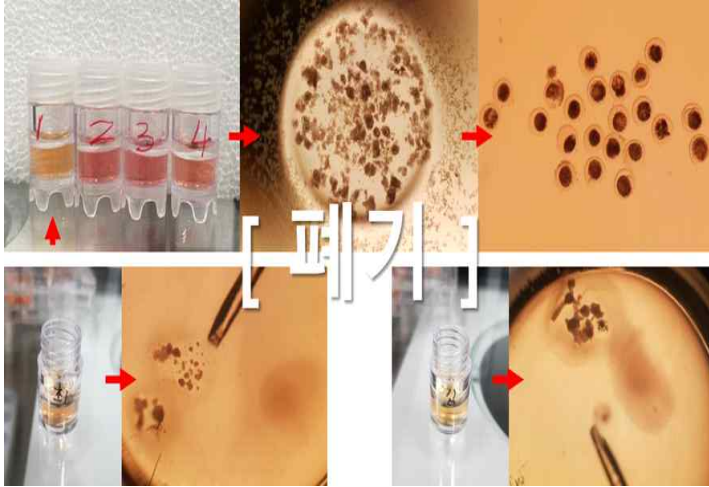
나. 일반적으로 난자채취 시 발생하는 오염의 원인은 다양한 요인에 의해서 나타남

- 1) 주로 체외성숙에 사용하는 배양액, 배양액을 보존하기 위한 오일
- 2) 체외수정에 사용되는 정액의 오염

3) 공기 중 존재하는 세균의 침투 등 다양한 요인에 의해서 난자의 오염을 유발함

다. 농장 방문형 OPU 난자 채취의 경우 제한되고 안정화된 실험실이 아닌 열려있는 공간에서 시술되는 환경이라 외부요인에 의한 오염이 더욱 증가하는 양상을 보였음 (그림 5-3).

라. 또한, 통상적으로 배란을 동기화하는 과정에서 progesterone 제제의 장치를 사용하게 되는데 이 장치는 질 내 삽입하여 배란을 동기화하는 과정을 거치게 되면 질 내 점액의 유출을 다소 막히게 하여 세균증식이 증가할 거라 사료됨



검사결과					
샘플 #	채취 장소	세균명	세균수	합기(포기)양 / 용혈성 등	항생제 감수성
0528-1	OPU 채취액	-	N.D	호기	
0528-2	OPU 채취액	-	N.D	호기	
0528-3	OPU 채취액	<i>Proteus mirabilis</i> (99%)	≥10 ⁷	호기	Resistant
0528-4	OPU 채취액	<i>Proteus mirabilis</i> (99%)	≥10 ⁷	호기	Resistant
0528-5	OPU 채취액	<i>Proteus mirabilis</i> (99%)	≥10 ⁷	호기	Resistant
6834-1	OPU 채취액	-	N.D	호기	
6834-2	OPU 채취액	-	N.D	호기	
6834-3	OPU 채취액	<i>Proteus mirabilis</i> (99%)	≥10 ⁷	호기	Resistant
6834-4	OPU 채취액	-	N.D	호기	
6834-5	OPU 채취액	-	N.D	호기	
3099-1	OPU 채취액	-	N.D	호기	
3099-2	OPU 채취액	-	N.D	호기	
3099-3	OPU 채취액	<i>Proteus mirabilis</i> (99%)	≥10 ⁷	호기	Resistant
3099-4	OPU 채취액	-	N.D	호기	
3099-5	OPU 채취액	-	N.D	호기	

서울대학교 대동물병원

그림 5-3. 외부 오염원에 의해 감염된 난자(왼쪽)와 병원성 세균, ‘*proteus mirabilis*’ 가 검출된 검사 결과(오른쪽)

마. 주요 감염 세균 ‘*proteus mirabilis*’

- 1) 주로 축사의 바닥, 암소의 방광, 질, 직장 등 생식기에서 번식
- 2) 채취되는 난자에 혼입되어 체외성숙 시 다량의 세균번식
- 3) 최종적으로 체외성숙의 실패뿐만 아니라 공란우 준비에서부터 소요 비용과 시간까지 계산하면 엄청난 손해 유발

2. 세균 오염 방지 가이드

가. 시술 전 채취에 사용되는 기자재는 멸균 소독 필수이며 시술자 및 시

- 술에 참여하는 인력은 전용 작업복 및 전용 장갑 착용해야 함
- 나. 측사 내 환풍 시설, 선풍기는 전원 off(바람에 의한 세균 이동 방지), 측사의 개폐 지붕과 문은 모두 닫기
- 다. OPU 난자채취 전 공란우 보정 후 1차 자궁세척
- 라. 난자채취 직전 2차 소독
- 마. OPU 난자 채취용 바늘은 질벽을 뚫은 이후에 흡입을 시작하여 질내에 상시로 존재하는 세균의 흡입을 최대한 방지
- 바. 난소에서 난자의 흡입을 종료 후에도 흡입 압력을 활성화 상태로 시술을 종료하지 말고 질벽을 나오기 전에 흡입을 종료해 세균의 유입을 최대한 억제해야 함
- 사. 시술 종료 후 공란우의 질 내 세균번식 및 염증반응을 억제하기 위해 3차 질 세척을 실시함

제 6장. OPU-체외 수정란 생산성 및 동결률 향상 연구

제 1절. 연구의 개요 및 실험방법

1. 생산성과 동결률 향상을 위한 연구의 개요

- 가. 수정란 생산의 공간적인 한계점을 극복하기 위해 산업체 보유 농장으로 공란우를 이동하여 난자 채취하는 기존의 방식에서 한우 농가 중심 즉, 농장을 방문하여 난자를 채취하는 방법을 적용함
- 나. 농가를 방문하여 난자를 채취하고 수정란을 생산하는 시스템의 구축은 직접 생산보다 시술자의 노동력과 시간을 더 요구하는 실정이지만, 약 87,000 한우 농가를 대신해 충분히 감수해야 하는 부분이라 생각함
- 다. 한우 농가의 직접 방문하여 반복적인 채취를 오랫동안 시술하는 것보다 반복 횟수를 줄이고 1~2번의 채취에 쉽고 다수의 난자를 확보가 중요함

2. 실험방법

- 가. 기존의 OPU 방법에 더해 공시축에 를 FSH를 투여하여 기존방법 대비 질 좋은 난자의 생산을 도모하였으며 2주 간격으로 6반복 실험을 진행하였음(그림 6-1).
- 나. 실험은 사계절(봄, 여름, 가을, 겨울)을 모두 포함하는 번식기에 수행
- 다. OPU 시술은 (대조군 = 20, FSH = 15)의 한우 암컷(n=35)을 사용함
- 라. 신체충실지수(BCS)는 3.5 ± 0.3 (평균 $\pm$ SEM, 평균의 표준 오차) 평균적인 생식주기는 가지는 한우를 사용
- 마. FSH 그룹은 질내 프로게스테론 장치(Progesterone; 1.56g; Cue-Mate®, Vetoquinol Australia), 근육내(IM) estradiol benzoate(Esron®, Samyang-Anipharm, Korea) 2.0mg 및 IM PGF2 α (Lutalyse®) 150ug을 투여
- 바. FSH 그룹에서 난포를 자극하는 목적으로 FSH(ANTORIN R-10®, 10AU/Ampoule, Kyoritsu Seiyaku Corporation, Japan)를 4일과 5일에 4

개의 감소 용량(12시간 간격으로 36, 36, 24, 24mg)으로 나누어 투여
 사. 7일째 아침(FSH 그룹에서 36시간의 “coasting“ 기간 후)에 프로게스테
 론 장치를 제거하고 OPU 시술을 곧 수행(그림 5-1)

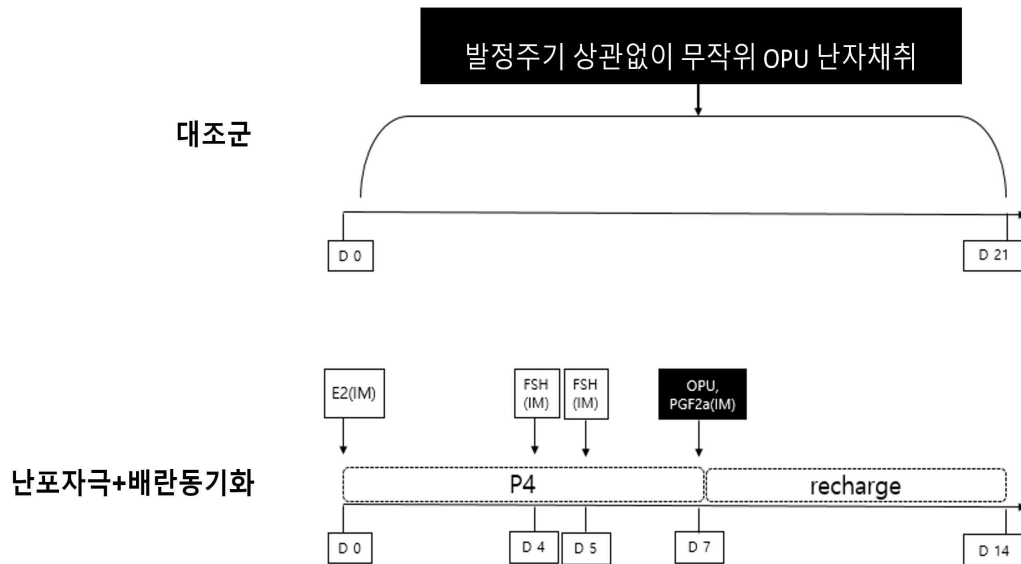


그림 6-1. 효율적 난자채취를 위한 난포자극 및 배란동기화 방법 모식도. E2 = 에스트라디올 벤조에이트; 1.0 mg, PGF2a = D-트로메타민; 150ug, P4 = 프로게스테론; 1.56 g, FSH = 난포 자극 호르몬; 용량은 각각 36, 36, 24 및 24mg

제 2절. 난포자극호르몬을(FSH) 이용한 생산성 향상 연구

1. 난포의 자극으로, 난자 채취는 더 쉽고 더 많이 얻었다

가. 이 연구에서 대조군(n=20)에서는 142회의 OPU 시술이 수행되었고 FSH 그룹(n=15)에서는 90회가 수행하였음

- 1) 대조군에서 8.5 ± 1.2 개의 난모세포가 회수되고 FSH 그룹에서 12.7 ± 1.3 개의 난모세포가 회수된 대조군($P < 0.005$)과 비교하여 회수된 난모세포에 대한 FSH 처리의 유의한 효과를 확인(그림 6-2 A)
- 2) FSH 그룹은 또한 대조군 그룹($P < 0.0001$)보다 발달 및 회복 가능성이 더 큰 중간 크기의 난포(6-10mm)의 비율(51.3%)이 증가 (그림 6-2 B)

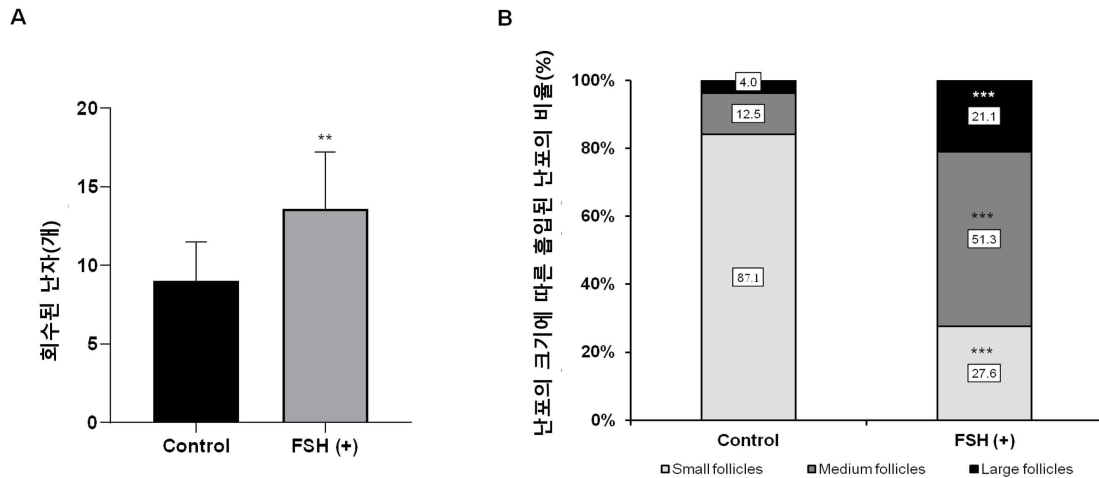


그림 6-2. 대조군 그룹 VS FSH 난포자극과 배란동기화 그룹간의 회수된 난자의 개수(A)와 난포의 사이즈별 비율(B). 작은 난포(<5mm), 중간 난포(5-10mm), 큰 난포(>10mm)의 비율의 수치를 나타냄 ** $p < 0.005$, *** $p < 0.0001$, 대조군 그룹 대비 상대적으로 유의미함

표 6-1. 대조군 그룹 VS FSH 난포자극과 배란동기화 그룹간의 회수된 난자의 형태학적 품질 비교

	회수 난자 (개)	1등급 (개)	2등급 (개)	1등급(개) + 2등급(개)	3등급 (개)	4등급 (개)	3등급(개) + 4등급(개)
대조 군	1,022 (120)	321 (31.4%)	193 (18.8%)	514 (50.2%)	330 (32.3%)	178 (17.5%)	508 (49.8%)
FSH	1,125 (90)	702 (62.4%)	342 (30.4%)	1,044 (88.2%)	72 (6.4%)	9 (0.8%)	40 (7.2%)

2. 난포를 자극하니 채취된 난자는 양질의 난자가 상대적으로 많았다

가. 난포자극호르몬(1,125개)과 대조군(1,022개)의 회수된 난자에서 난구-난자 복합체(COC)의 등급을 비교한 결과

- 1) FSH 처리 그룹에서 클래스 I 및 II 난모세포(88.2%)의 증가
- 2) 반면에 클래스 III 및 IV 난모세포는 감소(7.2%)하였으며, 이는 FSH 그룹에서 높은 등급의 난모세포를 얻을 수 있음을 시사함($P < 0.05$) (표 6-1)

나. 난모세포의 염색질 상태 및 체외성숙 절차에 적합한 난자를 선택하기 위한 난모세포를 검사

- 1) 난구 세포가 없는 난모세포와 세포질 변성의 징후를 보이는 난모세포를 폐기
- 2) 대조군은 80개의 난모세포(평균 8.5개의 난모세포/1두)를 회수했으며, 대부분은 GV1(30.1%) 및 GV2(34.1%) 단계에 있었고 GV3 단계(12.6%)에서는 난모세포 수가 감소
- 3) FSH 그룹은 58개의 난모세포(평균 12.7개의 난모세포/1두)를 회수했으며, 대부분은 GV2(64.0%) 단계에서, GV3(20.8%), GV1(4.4%) 및 GVBD(3.3%)에서는 훨씬 더 낮은 비율을 보였고 GV0 난모세포는 FSH 그룹에서 발견되지 않았음($P < 0.05$), (그림 6-3)

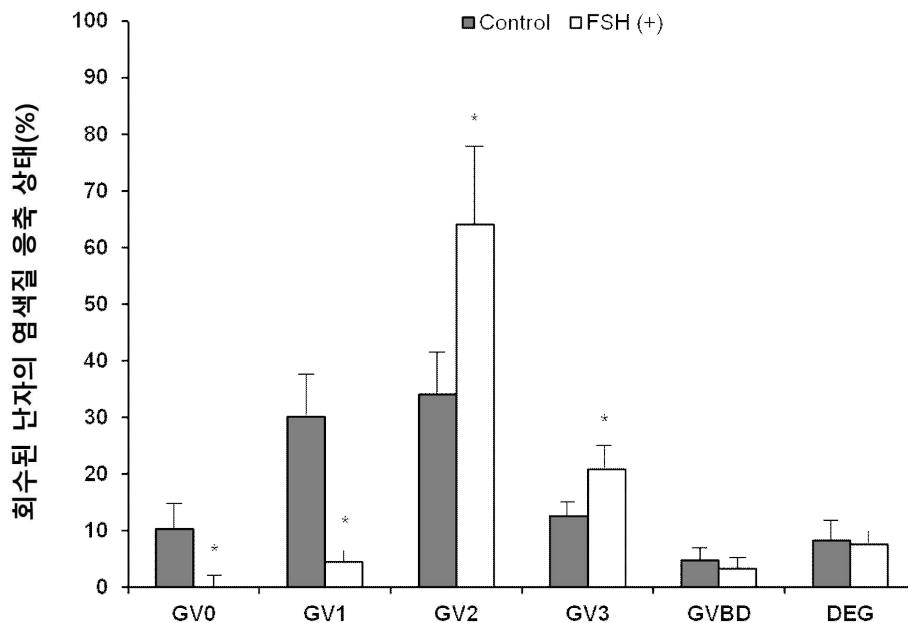


그림 6-3. 대조군 그룹 VS FSH 난포자극과 배란동기화 그룹간의 회수된 난자의 염색질의 상태에 따른 품질 비교. GV0에서 3까지는 염색질 조밀도가 증가하는 단계를 나타내며, GVBD는 germinal vesicle 붕괴를, DEG는 퇴행성 난포를 나타냄($p < 0.05$)

3. 양질의 난자는 이식가능 수정란의 증가를 가져온다

가. 난모세포 질의 GV 염색질 상태의 차이

- 1) FSH와 대조군 그룹 모두 클래스 I, II 및 III의 난모세포(각각 1,116개 및 884개)를 배양에 이용함

- 2) 2세포 분열기(각각 82.2%, 70.2%)와 8세포 분열기(각각 74.2%, 52.4%)에서 FSH군과 대조군 사이에 유의한 차이를 확인함
- 3) 결과적으로 대조군에 비해 FSH 그룹에서 배반포 비율이 유의하게 더 높았음(각각 44.7% 대 31.1%), ($P < 0.01$) (표 6-2)
- 4) 이러한 결과는 FSH 자극 프로토콜이 이식가능한 수정란의 생산이 효과적임을 확인함

표 6-2. 대조군 그룹 VS FSH 난포자극과 배란동기화 그룹간의 체외 성숙(IVM), 체외수정, 그리고 체외발달 능력(수정란생산)에 대한 요약

그룹	회수 남자 (개)	배아 발달 단계별 배아 개수 및 생산율		
		2세포기(%)	8세포기(%)	배반포(%)
대조군	884	621개 (70.2)	464개 (52.4)	275개 (31.1)
FSH (+)	1,116	917개 (82.2)	828개 (74.2)	499개 (44.7)

4. 양질의 수정란은 유리화 동결-융해하여도 높은 생존성을 가진다

가. 수정란 등급은 IETS 매뉴얼(Anim Reprod: Anim. Reprod: 2013)에 요약된 기준을 사용하여 7일차에 생성된 배반포를 사용

나. 동결-융해 후 수정란의 재확장과 부화율(표 6-3)

- 1) 융해 후 수정란의 재확장율은 대조군(1등급: 75.6%, 2-3등급: 38.9%)보다 FSH 그룹에서 높았음(1등급: 76.2%, 2-3등급: 53.8%), ($P < 0.05$)
- 2) 부화율 또한 대조군(1등급: 58.9%, 2-3등급: 26.7%)보다 FSH 그룹에서 높았음(1등급: 86.9%, 2-3등급: 57.9%), ($P < 0.05$)

다. 동결-융해 후 수정란의 질적 평가(총 세포수 측정)

- 1) 동결-융해 후 모든 배아는 다시 체외배양 하였으며 직경이 $170\mu\text{m}$ 를 초과하는 수정란의 총 세포수를 분석
- 2) FSH 그룹(전: 193.2 ± 43.6 , 후: 167.1 ± 39.1)이 대조군 그룹(전: 160.1 ± 28.2 , 후: 131.4 ± 26.7)에 비해 유리화 동결 전 총 세포수가 더 많

왔고, 융해 후 유의하게 낮은 수치를 보였음(P<0.05)(표 6-4)

표 6-3. 대조군 그룹 VS FSH 난포자극과 배란동기화 그룹에서 초급속 동결-융해 후 배아(수정란)의 재팽창율과 부화율을 통한 품질 확인

품질 등급	그룹	동결-융해 수정란(개)	융해 후 발달단계별 수정란의 수 (%)		
			융해 후 생존 수정란	배반포 재확장	배반포 부화율
1	대조군	90	82 (91.1)	68 (75.6)	53 (58.9)‡
	FSH (+)	84	82 (97.6)	73 (86.9)	64 (76.2)†
2-3	대조군	90	68 (75.6)	35 (38.9)	24 (26.7)†
	FSH (+)	52	43 (82.7)	33 (57.9)	28 (53.8)†

†,‡ 동일한 열 내에서 서로 다른 기호를 가진 값들은 카이제곱 검정에 기반하여 유의수준이 다름 (P < 0.05)

표 6-4. 대조군 그룹 VS FSH 난포자극과 배란동기화 그룹에서 초급속 동결 전 총 세포수와 융해 후 배아(수정란)의 총세포 수 비교를 통한 품질 확인

그룹	배반포의 크기 μm (±SD)	동결-융해	배반포(개)	총세포 수 mean (±SD)
대조군 I	186 (±34.8)†	동결 전	54	160.1 (±28.2)‡
		융해 후	46§	131.4 (±26.7)†
FSH (+)	194 (±32.2)†	동결 전	69	193.2 (±43.6)†
		융해 후	63§	167.1 (±39.1)†

†,‡ 동일한 열 내에서 서로 다른 기호를 가진 값들은 카이제곱 검정에 기반하여

유의수준이 다름 (P < 0.05)

§ 몇몇 배아들이 염색 과정에서 손실되거나 관찰이 불가능하여 총 세포 수 측정에 평가될 수 없는 배아의 수를 나타냄

5. 동결-융해 후 생존성이 높은 수정란은 수태율도 높다.

가. 총 567개의 신선란과 257개의 동결란(유리화 동결-융해 후 수정란), (6~8단계 및 1등급; IETS 메뉴얼)을 824마리의 한우 대리모에게 이식 하였다. 임신 진단은 수정란이식 50일 후 초음파 진단을 통해 확인하였고, 대조군과 FSH 그룹 간의 임신율을 비교하였음. 대조군에서 신

선란과 동결란의 임신율은 각각 45.1%(186/412)와 36.2%(37/102)였음. 그러나 FSH 그룹에서 신선란과 동결란의 임신율은 각각 60.6%(94/155)와 50.9%(79/155)였다(표 6-5). FSH 그룹은 신선 수정란과 동결 용해 후 수정란 모두 임신율에 유의미한 영향을 미쳤으며($P < 0.05$) 각각 15.5%와 14.7% 증가하였음

표 6-5. 대조군 그룹 VS FSH 난포자극과 배란동기화 그룹 간 수정란이식 임신율 비교 시험

그룹	수정란 이식 능가 수	수정란의 형태	수정란 이식(개)	대리모 임신 두수(%)
대조군	45	신선란	412	186 (45.1)
		동결란	102	37 (36.2)
FSH (+)	31	신선란	155	94 (60.6)
		동결란	155	79 (50.9)

6. 반복적인 호르몬 투여에도 공란우는 정상적인 번식 활동을 하였다.

가. 장기간 반복되는 배란동기화 및 FSH 투여에 따른 공란우 번식 장애 확인

- 1) 6 반복의 OPU 의 시술 종료 후 약 14일의 휴지기를 가졌으며 정상적인 번식능력을 확인하기 위해 시술에 사용된 공란우 (대조군 20두, FSH그룹 15두)를 동기화 이후 인공수정(AD)을 실시
- 2) FSH 그룹 15두의 공란우 중 9두는 인공수정 1회차 임신하였으며 나머지 6두는 2회차 임신이 확인됨
- 3) 임신 감정은 직장 내 초음파를 활용하여 인공수정일 기준 30일과 60일이 경과한 시점에 2번 확인함(그림 6-4)

나. 이러한 결과로 보아, 비록 적은 두수의 연구 결과이긴 하지만 본 연구진은 장기간의 호르몬처리를 하더라도 다음 번식을 위한 부분에 있어서 문제가 없을 거라는 판단을 할 수 있었음

다. 하지만 호르몬의 사용은 상당히 조심스러워야 하고 반복적인 사용은 번식 장애를 초래할 수가 있으므로 지속적인 연구가 필요한 것으로 판단됨

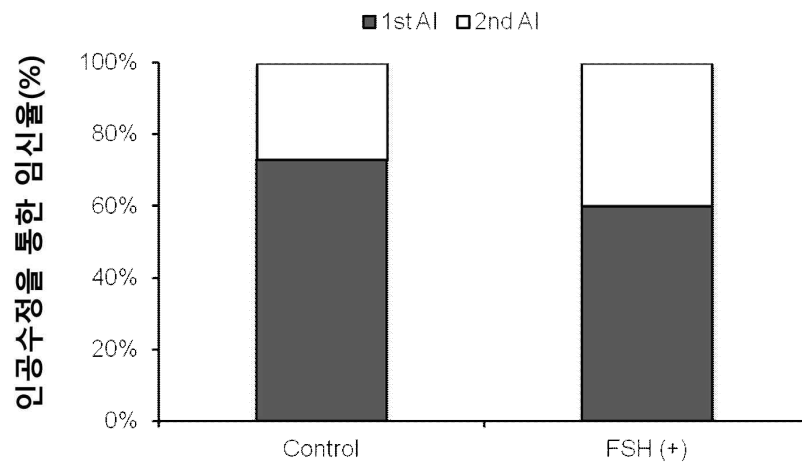


그림 6-4. 2주 간격 6번의 OPU 반복 후 대조군 그룹 VS FSH 난포자극과 배란동기화 그룹 간 인공수정을 통한 번식 및 생식 능력 검증. 대조군 그룹(n=20)과 FSH 그룹(n=15)은 각각 Day 0에 GnRH(0.021mg, 근육 주사; IM)를 투여하고, Day 7에 PGF2 α (25mg, IM)를 투여, Day 9에 다시 GnRH(0.021mg, IM)를 투여한 후 인공수정 실시

제 7장. 지역농가 대상 실증 OPU 사업

제 1절. 농가 방문 OPU 난자채취 시술 지침

1. 공란우 및 정액 선정

가. 후보 공란우 선정

- 1) 후대성적 및 혈통을 고려한 선발
- 2) 유전체 유전능력을 고려한 선발
- 3) 시술자 중심의 정략적 지표 적용 선발(난소 초음파 및 호르몬 측정)

✓ 정략적 수치 계산방법

AFP 스코어 : 25개 이상=50점, 25개 이하= $50 \times \text{AFP} / 25$

AMH 스코어 : 1000 pg/ml 이상=50점, 1000 pg/ml 이하= $50 \times \text{AMH} / 1000$

나. 공란우 선정

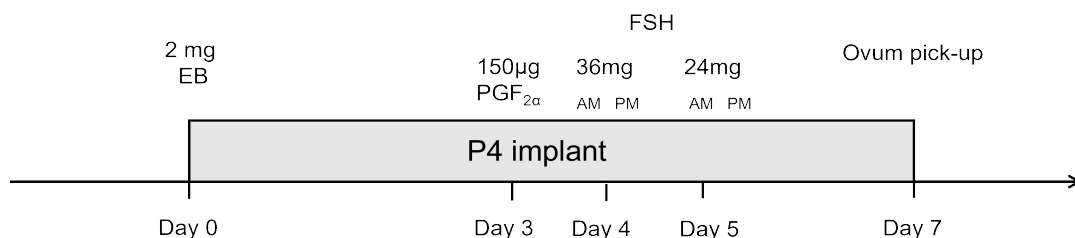
- 1) 후대성적 또는 유전능력에 기반한 AFP+AMH호르몬 지표 적용
- 2) 5대 질병검사(구제역(NSP+SP), 브루셀라병, 요네병, 결핵병, 류코시스)
- 3) 모계+부계 혈통 확인을 위한 친자확인 검사 실시

다. 정액의 선정

- 1) 농가에서 희망하는 정액 활용 및 근교계수 확인
- 2) 한우 교배계획 길라잡이 활용하여 정액 선정

2. 수정란 생산효율 증대를 위한 공란우 난포자극 및 배란동기화 처리

가. OPU 난자채취 시술 1주일 전 농가에서 약품처리 요청



※ Coasting 기간 : 36시간

- 1) Day 0: E2 = 에스트라디올 벤조에이트; 1.0 mg
- 2) Day 0 ~ Day 7: P4 = 프로게스테론; 1.56g (질내 P4장치 삽입)
- 3) Day 3: PGF2a = D-트로메타민; 150ug
- 4) Day 4: FSH = 난포자극호르몬; 오전(36mg), 오후(36mg)
- 5) Day 5: FSH = 난포자극호르몬; 오전(24mg), 오후(24mg)
- 6) Day 7: 프로게스테론 장치 제거 후 난자채취 실시

나. 공란우 사양관리 점검

- 1) 약품 투여기간 동안 스트레스를 최소화하고 우방 이동 및 합사 자제
- 2) 보정과 난자채취 관련 장비 진입이 용이한 우방으로 소 이동

3. 공란우의 보정과 세척 및 소독

가. 공란우 보정

- 1) 농가 보유 비계파이프와 클립 활용
- 2) 공란우와 시술자 안전을 고려하여 반드시 보정 할 것
- 3) 보정틀은 공란우의 양옆 공간을 최소화하여 좌우로 움직이는 행동 방지

나. 세균감염 방지를 위한 공란우 생식기(질) 세척 및 소독

- 1) 축사 내 환풍 시설, 선풍기는 전원 off
- 2) OPU 난자채취 전 공란우 보정 후 1차 세척
- 3) 난자채취 직전 외음부 소독과 질내 2차 세척
- 4) 시술 종료 후 공란우의 질내 세균번식 방지 3차 질 세척

4. OPU 난자채취

가. 난소 스캔(난포수 확인) 후 질벽을 뚫은 이후에 흡입 시작

나. 공란우의 움직임이 있을 시에는 채취를 멈추고 안정화 후 재시작

다. 보조자는 난자가 유입되는 관을 주시하여 채취의 원활함을 항상 체크

라. 질벽을 나오기 전에 흡입을 종료해 세균의 유입을 최대한 억제

마. 난소 1개당 시술은 5분을 넘지 않게 신속하게 회수

바. 유입되는 난자의 수를 고려하여 회수되는 관은 2회~3회 세척

사. 난자가 회수된 용기는 빛에 노출되지 않게 주의

5. 난자의 세척 및 체외성숙, 체외수정, 체외배양

가. 회수 난자의 세척

- 1) 축사의 환경에 노출되지 않은 별도의 안정된 공간에서 실시

※ 안정적인 배양 환경(공조시스템, 온도, 습도, 가온시스템 등)이 조성된 이동식 실험실 차량 활용 추천

- 2) 회수된 난자는 혈액과 이물질을 제거를 위한 세척
- 3) 현미경 관찰하에 수집 난자 상태를 확인 후 체외성숙 실시

나. 체외성숙 - 약 22시간

- 1) 농가 현장에서 난자의 성숙을 시작으로 실험실로 이동하여 지속적 성숙 배양
- 2) 이동식 배양기나 Transfer 체외성숙 배양액을 활용할 시 안정적 성숙 가능

다. 체외수정 - 약 20시간

- 1) 체외성숙 후 성숙이 불량한 난자는 제거 후 KPN 정액 활용하여 수정
- 2) 정자의 농도 및 활력을 확인 후 수정
- 3) 수정 완료 후 세척

라. 체외성숙 - 약 6일

- 1) 배양 5일차에 점검하여 이식 가능한 수정란을 체크
- 2) 수란우(대리모) 황체 검사 후 공급 수량 및 동결 여부 결정

6. 수정란 선별 및 수정란 공급

가. 수정란의 선별

- 1) 국제 수정란 품질 코드를 적용하여 양질의 수정란을 선별
- 2) 최종 이식 시간을 고려하여 최대한 이식 직전 포장을 추천

나. 수정란 공급

- 1) 공급되는 수정란은 공란우 정보, KPN 정보, 예상 육종가, 사진자료 등을 정리하여 농가에 제공
- 2) 수정란의 포장 후 가온장치를 활용하여 이식자에게 전달

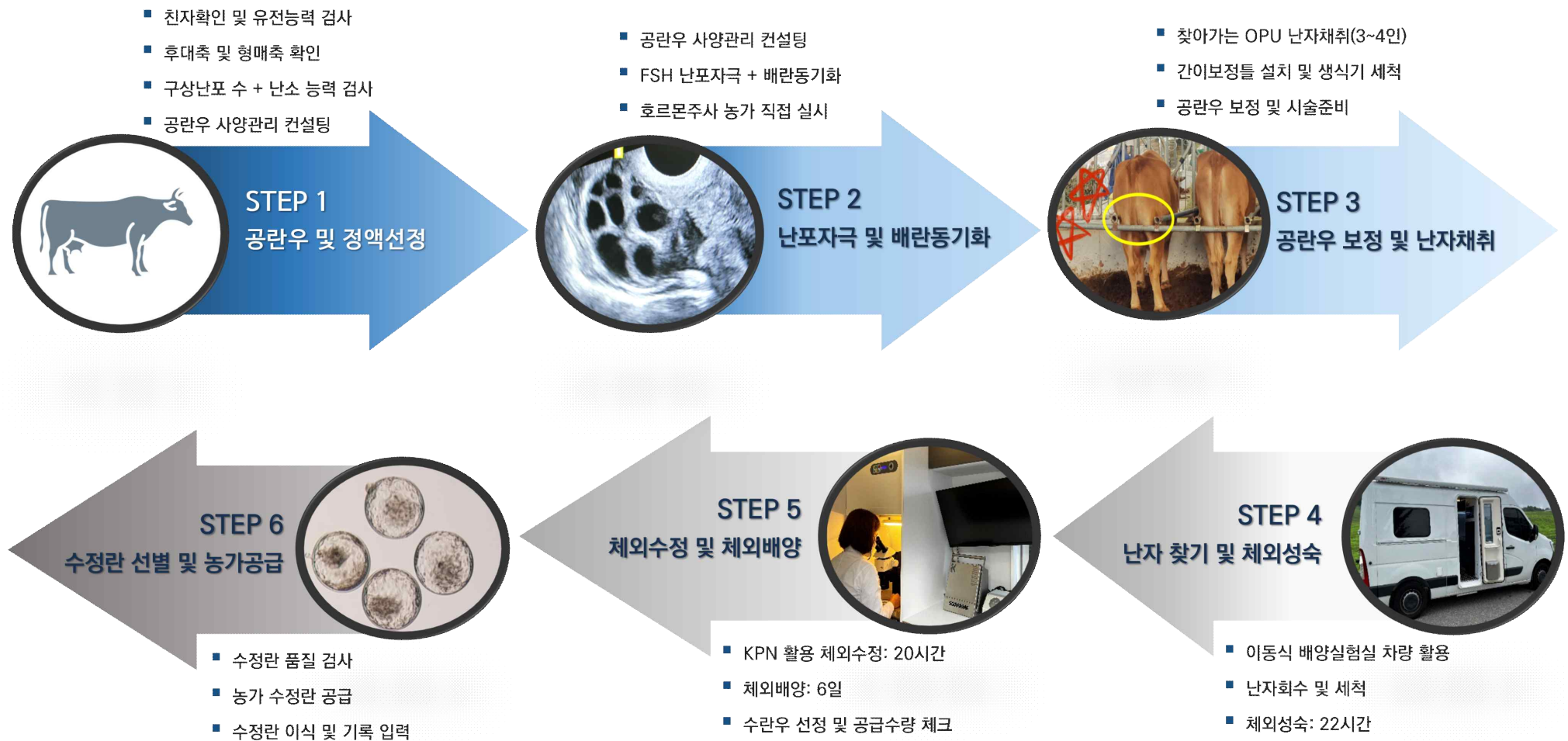


그림 7-1. 농가 방문 OPU 난자채취 및 수정란 생산 로드맵

제 2절. 농가 방문 OPU 난자채취를 위한 mobile 배양실험실 구축

1. 이동식 배양실험실의 필요성과 설치 장비

- 가. 현재 수정란 산업이 가장 활성화되고 개량에 적극적으로 활용하는 미국, 브라질, 일본의 경우 난자의 안정적 회수와 이동 간 난자의 체외성숙을 하기 위해 차량에 배양시스템을 갖춰 양질의 수정란을 생산한다. 본 연구팀은 국내에서 최초로 이동식 배양실험실 차량을 갖춰 농가에서 채취한 난자를 즉석에서 회수하였으며 동시에 체외성숙을 실시하였다. 이동식 배양실험실 차량의 체외성숙을 위한 배양 장비 구성(그림 7-2, 3)
- 1) 실체 현미경과 가온판이 장착된 체외수정 전용 작업대(IVF work station)
 - 2) 난자의 세척 및 회수를 위한 무균작업대
 - 3) 이동식 혼합가스 배양기 및 건식 혼합가스 배양기
 - 4) 공기정화를 위한 공조장치 및 폐기되는 배양액 등 오수처리 시설
 - 5) 연구실 안전관리를 위한 작업자 비상세척시설
 - 6) 농장주가 현미경 관찰하에 있는 난자의 모습을 바로 확일 할 수 있는 영상출력 장치(그림 7-2, 3)

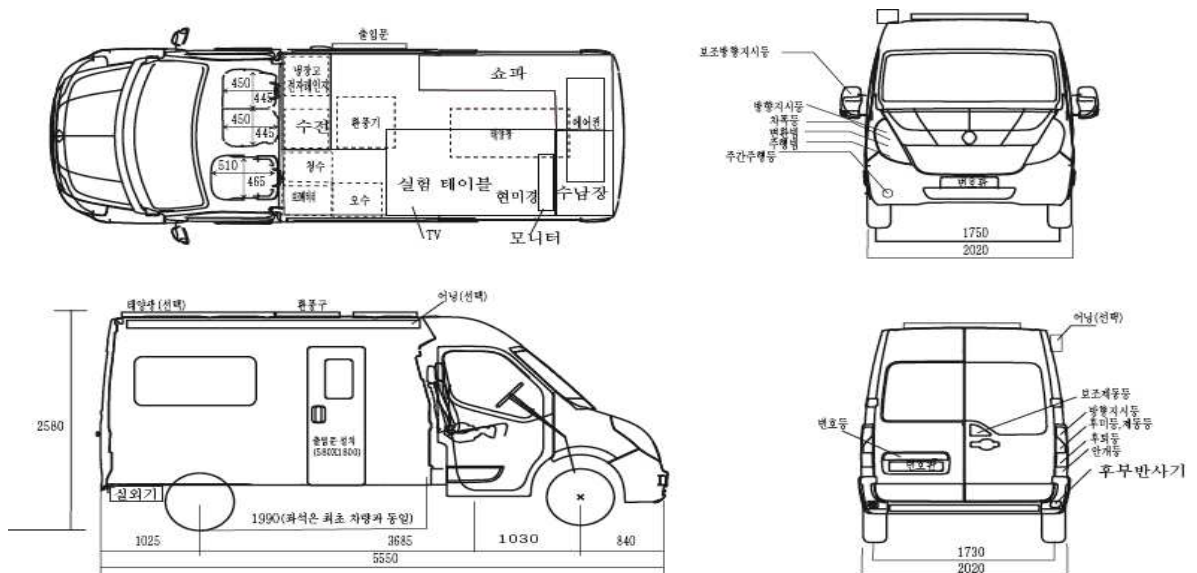


그림 7-2. 난자채취 및 체외성숙 배양을 위한 이동식 배양실험실 차량 모식도

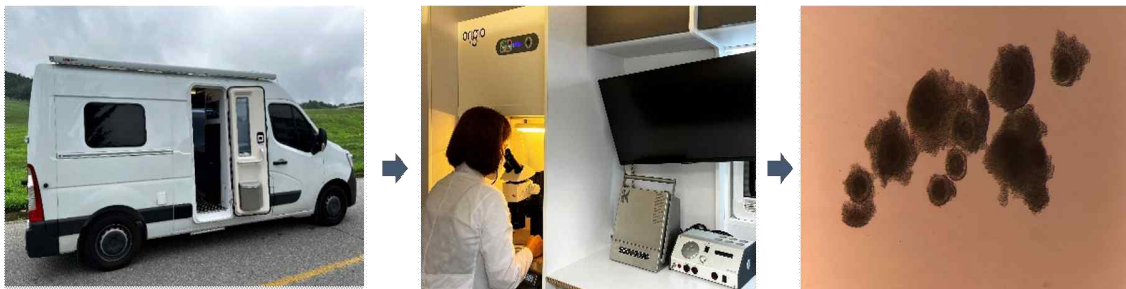


그림 7-3. 이동식 배양실험실 차량의 실제 적용 사례

제 3절. 초우량 한우암소 또는 우량 한우암소 수정란 채취 및 공급

1. 지역농가 대상 실증 OPU 사업 수행 방법

가. 대상 농가 및 공란우 선정

- 1) 종축개량협회에서 선정한 경상북도 지역 내 초우량암소 및 우량암소를 선정하였으며 지방자치단체와 지역 축협에서 추천하거나 유전체 유전능력이 우수한 개체들도 일부 포함하여 공란우 후보를 선정함
- 2) 선정된 후보 공란우들은 본 연구팀에서 제공한 사양관리 메뉴얼에 따라 적절한 사양관리를 요청하였으며 난자채취 전 공란우 난소검사와 번식상태를 점검하여 최종적으로 공란우 79두를 선정함
- 3) 선정된 공란우 79두는 5대 질병검사(류코시스, 요네, 브루셀라, 결핵, NSP)를 실시하여 이상 없는 개체만을 사업에 활용하였으며 또한 각 공란우들의 모근을 채취하여 친자확인 및 유전체 유전능력 분석을 실시함

나. 농가방문형 OPU 난자채취 및 수정란 생산 방법

- 1) 농가별 암소들의 공태시기를 고려하여 분만 후 약 2개월~3개월이 도래하는 시기에 난자를 채취하였으며 다음 번식 시기를 고려해 1회 채취 또는 2~3회 반복 채취함

- 2) 공란우의 배란동기화 및 난포자극호르몬(FSH) 처리
 - 가) Day0 : CIDR(P4) 제제 주입 및 Estrogen 제제 근육주사
 - 나) Day4~5 : FSH 120 mg, 12시간 간격으로 4회 감량법으로 근육주사
 - 다) Day7 : CIDR 제거 및 OPU 시술
 - 3) 앞서 본 연구팀 자체 공란우를 활용하여 효율적인 수정란 생산을 위한 실험방법을 대상 농가에 적용하였으며 이동식 배양실험실 차량을 활용하여 실증사업을 수행
 - 4) 채취한 난자의 체외수정에 사용할 정액은 국립축산과학원 ‘한우교배길라잡이’에서 제공하는 자료를 활용하여 최적의 교배계획을 상호협약하에 선정하였음. 공란우 개체별로 체외성숙이 완료된 난자는 KPN 동결정액을 이용하여 준비된 한우 정자 (최종농도; $1.5 \times 10^6/\text{ml}$)와 함께 20시간 정치하여 체외수정을 유도함
 - 5) 체외배양은 본 연구팀 청정배양실에서 실시하였으며 상업용 배지를 활용하여 안정적인 배양시스템 적용 후 이식가능한 수정란을 생산함
 - 6) 체외수정 기준으로 2일차 분할 여부를, 5일차 배지교환, 6일차 및 7일차 배반포 형성을 확인하였는데 필요한 경우에는 6일차 수정란 중 일부를 동결하여 보관하였음
 - 7) 체외배양을 통해 생산된 한우 수정란의 QC (Quality Control)를 위해 체외배양 7일차 에서의 세포수 측정 및 동결-융해 후 생존율 등을 정기적으로 확인하였음
- 다. 수정란 공급 및 동결
- 1) 수정란의 공급은 농림축산식품부와 경상북도의 “우량암소 수정란이식 지원사업” 예산을 지원받아 무상으로 공급하였으며 공급의 형태는 해당 농가의 수란우(대리모) 준비상황에 맞게 신선란 공급 또는 유리화 동결-융해 후 공급함
 - 2) 유리화 동결은 앞서 실험방법과 동일하게 진행하였으며 사전에 농가와 생산정보를 공유하여 동결현황과 수정란의 실제 사진을 기록하여 최종 액체질소에 보관하였으며 농가 요청 시 수정란을 공급함

2. 농가 방문형 OPU 난자채취 및 수정란 공급 실증사업 수행 결과

가. 난자채취 및 수정란 생산 현황

- 1) 농가 방문형 OPU 실증사업은 2022년 3월 23일~2023년 3월 2일까지 경상북도 지역에서 선정된 암소를 활용하였으며 연중 계절에 상관없이 암소 분만 후 공태기간을 고려하여 최적의 시기를 정하여 시술하였음
- 2) 공시 두수 84두 중 농가의 요청에 따라 2회 이상 반복한 개체를 제외하고 일회성 OPU 난자채취를 96회 시술하였음. 총 1,562개의 난자를 회수하였으며 회수된 난자의 평균은 마리당 16.3 ± 1.3 개였음. 약 7일간 체외배양을 통해 총 681개의 이식 가능한 수정란을 생산하였으며 마리당 이식 가능한 수정란의 평균 개수는 7.2 ± 0.7 개였음
- 3) 최종적으로 회수된 난자 대비 이식 가능한 수정란의 생산효율은 43.6%³⁾ 나타냄(표 7-1)

표 7-1. 농가 방문형 OPU 난자채취 및 수정란 생산 결과

농가 OPU 난자채취	회수 난자 (개)	회수 난자 (평균)	이식 가능 수정란 (개)	이식 가능 수정란 (평균)	이식 가능 수정란 (%)
96 회	1,562	16.3 ± 1.3	681	7.2 ± 0.7	43.6

3. 기존 OPU 난자채취 방법과 비교

- 가. 배란동기화 및 난포자극을 이용한 난자 채취 기술은 Sirard 그룹(Nivet et al., 2012; Reproduction)에 의한 FSH 처리 후 54시간째에 채란이 가장 효율적이라는 연구성과를 보고 하였음
- 나. 북미 지역에서는 절반 이상의 팀이 FSH 처치를 통한 OPU를 실시하고 있으며 다른 지역과 나라에서도 점차 난포자극과 배란동기화를 통한 OPU 난자채취를 적용하고 있음
- 다. 양질의 난자(GV2 난자, 그림 3-3 참조)를 얻기위해 호르몬 처리를 하였으며 아래 표와 같이 일반 OPU 즉, 배란을 동기화하지 않은 일반적인

3) 96회 농가 OPU 실시: 1,562개 난자를 회수하여 그 중 681개의 이식가능한 수정란을 생산하였으며 각 두수 별 난자채취 실적은 별첨자료 표 7-3을 참고

생리주기를 가지는 랜덤한 상태의 공란우를 OPU 하였을 때보다 양질의 난자와 이식 가능한 수정란을 확보할 수 있었음 (표 7-2).

표 7-2. 일반 OPU와 자체 보유 공란우 FSH-OPU, 농가 방문 FSH- OPU 간의 생산효율 비교

그룹	회수 난자 (개)	배아 발달 단계별 배아 개수 및 생산율		
		2세포기(%)	8세포기(%)	배반포(%)
일반 OPU	884	621개 (70.2)	464개 (52.4)	275개 (31.1)
자체 OPU + FSH	1,116	917개 (82.2)	828개 (74.2)	499개 (44.7)
농가 OPU + FSH	1,562	1,269개 (81.2)	1,138개 (72.9)	681개 (43.6)

제 8장. 한우 공란우 유전능력 평가

제 1절. 한우 유전체 유전능력 평가 방법

1. 한우 유전체 유전능력 평가란?

- 가. 한우는 총 30쌍의 염색체(1쌍은 성염색체)를 가지고 있으며, 총 유전체는 26억 염기쌍으로 구성되어 있음(2010, 농촌진흥청)
- 가. 유전정보 중 개체별 특성(차이)을 나타내는 것을 단일염기다형(SNP; Single Nucleotide Polymorphism)이라고 하며, 한우에는 6백만개 이상의 SNP가 있는 것으로 밝혀졌음
- 나. 한우에서는 약 5만개의 SNP 마커(Marker)정보를 분석하는 SNP칩이 주로 활용되고 있음
 - 1) 현재 우리나라에서 구축된 유전체 정보는 Illumina사의 Bovine SNP칩(v2, v3, Hanwoo v1)이 가장 많음
 - 2) 종축개량협회에서는 Thermofisher사의 Affy칩을 활용하고 있음
 - 3) SNP칩 : 개체가 가지고 있는 수백~수십 만 개의 유전마커를 집적해 놓은 chip으로 SNP의 수에 따라 3K, 35K, 50K, 650K, 770K 등 다양한 종류의 칩이 있음
 - 4) 유전체 분석 과정 : DNA 추출/증폭 → 조각내기 → DNA 칩에 적용 → 염색 → 세척/고정 → 스캔 → 유전자형 판독(그림 8-1)

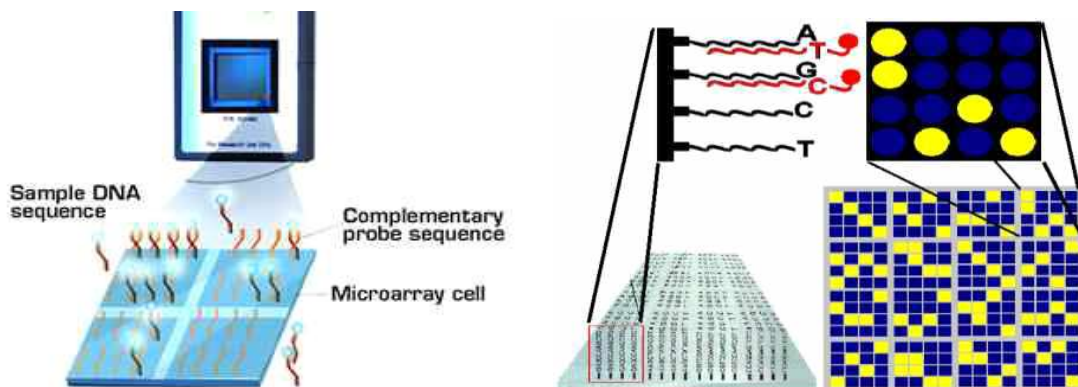


그림 8-1. 유전체 분석 과정 모식도

다. 유전체 분석은 개체(소)가 가지고 있는 유전자형을 알기 위한 것으로 유전능력(육종가)을 알기 위해서는 참조집단을 활용하는 평가과정을 다시 거쳐야 함

- 1) 유전체 정보를 이용하여 능력을 예측하기 위해서는 먼저 체중, 육질과 같은 능력 자료와 유전정보를 함께 가지고 있는 수천 마리 이상의 **참조 집단(reference population)**을 확보하고, 참조집단을 이용하여 능력 예측 방정식을 추정함

2. 유전체 유전능력 평가 방법(GBLUP)

가. 2001년 이후 유전체 자료를 유전능력 분석에 추가한 GBLUP 모형 개발, 2009년도에 미국 및 캐나다에서 보증씨수소 선발에 적용 · 실용화

나. 한우 보증씨수소 선발시 유전체 자료 이용 : ' 17.7.~ 현재

기존 유전평가 모형(BLUP)	유전체육종가 추정 모형(GBLUP)
$\begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{Z}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z} + \mathbf{A}^{-1}\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{b}} \\ \hat{\mathbf{u}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{Z}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z} + \mathbf{G}^{-1}\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{b}} \\ \hat{\mathbf{u}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \end{bmatrix}$
개체의 능력뿐만 아니라 해당 개체와 혈연관계가 있는 모든 개체의 능력을 고려하기 위하여 혈통자료에 근거한 혈연 관계정보(A)를 이용 * 혈통에서 관계가 없는 개체간 상관은 0	개체의 능력뿐만 아니라 유전체 기반에서 해당 개체의 연관관계가 있는 모든 개체의 능력을 고려하기 위하여 유전체 연관관계정보(G)를 이용 * 혈통에서 관계가 없더라도 유전체 수준에서 같은 유전자형을 공유하는 개체간 상관 존재(> 0)



그림 8-2. 기존 유전평가 모형(BLUP)과 유전체육종가 추정 모형(GBLUP)

제 2절. 유전체 유전능력 평가 방법적용 현황

1. 국외 현황

가. 연구개발

- 1) '01년 이후 선진국은 SNP마커 이용 유전평가기법 개발 착수
- 1) 유전체에 등간격으로 분포하는 SNP마커 정보를 토대로 정확도가 높은 GBLUP 육종가를 추정할 수 있음을 증명(Meuwissen 등, '01)
- 2) 유전평가를 위한 통계모형은 그대로 이용하되 유전체 정보가 확보된 개체는 혈연 연관관계(A) 대신 유전체 연관관계(G)를 이용(Habier 등, '07)
- 3) 미농무성(ARS USDA)은 젓소 1두에서 5만 개의 SNP마커를 분석할 수 있는 마이크로어레이를 Illumina社와 공동제작·실용화('09)

나. 산업적 적용

- 1) '09년 미국, 캐나다는 GBLUP 방법으로 젓소 씨수소 선발
- 2) 기존의 능력검정 선발 체계에 유전체 자료를 통합·운영함으로써 이전보다 향상된 선발 정확도로 보증씨수소 선발(Ben Hayes, '09)
- 3) 미국, 캐나다, 독일, 호주, 네덜란드 등 여러 나라에서 유전체유전평가를 산업에 적용
- 4) 국제가축기록위원회 인터볼은 '14년 국제유전체 유전평가(GMACE) 개최
- 5) 유전체정보를 다수 확보한 11개 주요 나라⁴⁾가 GMACE(Genomic Multiple Across Country Evaluation) 참여, GBLUP 방법으로 국제유전평가 실시

2. 국내 현황

가. 연구개발

- 1) 유전체정보 이용시 기존 방법보다 정확도가 개선됨을 확인
- 2) 유전체 육종가 추정(GBLUP)은 기존 혈통을 이용하는 방법(ABLUP)보다 정확도 향상(4~6%)

4) 캐나다, 독일, 덴마크-핀란드-스웨덴, 프랑스, 이탈리아, 네덜란드, 영국, 호주, 벨기에, 스페인, 폴란드

※ 농식품부에 한우 유전체선발 사업 타당성 확보를 위한 연구 건의(' 08, 축산원)
→ 개체 유전체육종가추정 시스템(GBLUP) 및 개량체계 개발 수행(' 10~' 14, IPET, 이득민)

- 3) 유전체 육종가를 추정할 경우 등심단면적 18%P, 등지방두께 19%P, 근 내지방도 16%P 정확도 향상

※ 한우 육종집단의 개량효율 증진기술 개발(' 11~' 13, 축산원, 이승환 등)

나. 자료축적

- 1) 한우 유전체육종가 추정을 위한 참조집단 구축을 위해 후대검정우에 대한 SNP칩 분석 착수(' 14~, 농협)
- 2) 농식품부에 한우 검정우에 대한 고밀도 SNP유전자형 분석 건의(' 13, 축산원)
- 3) ' 14년 유전체 분석 착수. 현재 약 10,000여 두 유전체정보 확보

다. 실용화

- 1) 축산원-농협-뉴잉글랜드대학(호주)-C&K 공동연구를 통하여 유전체 육종가 추정 기술 개발 및 한우 당대검정우 시범 선발(' 17)
- 2) 유전체정보 확보 및 품질관리를 위해 Fimpute, BLUPF90시리즈 등 학계에 널리 알려진 프로그램을 적용

※ 뉴잉글랜드대학팀, C&K 연구팀, 유전체과 등과 정보교류를 통해 오류 검증

- 3) 기존 통계분석모형에 혈통정보를 이용한 혈연계수 행렬 대신 혈통과 유전체 정보를 이용하는 유전체 연관행렬을 적용(GBLUP)

※ 통계모형 변화없음 : 관측치 = 차수_검정지_도축일 + β 도축일령 + 개체 + 오차

- 4) 분석의 정확성 확보를 위해 검증된 통계분석패키지(BLUPF90⁵⁾) 활용
- 5) 씨수소 선발에 GBLUP 방법적용을 위한 모의시험 및 ' 17년 하반기 시범 적용/실용화

※ '유전체선발을 적용한 한우당대검정체계 개발' (' 15~' 17, NBG21, 박병호)

5) 미국 조지아대학 I. Misztal 교수팀이 개발한 분석패키지로 전세계적으로 널리 사용됨. 이득민 교수의 IPET과제도 본 패키지를 활용

3. 한우 유전체분석 업무추진 체계

- 가. 국가 능력검정자료를 참조집단(기준집단)으로 활용하여 한우 암소의 유전체 유전능력을 분석하기 위해서는 국립축산과학원과 농협가축개량원이 같이 구축한 “한우 암소 유전체 분석시스템(<http://hgsnh.com>)” 을 활용해야 함
- 나. “한우 암소 유전체 분석시스템” 의 접속권한은 국립축산과학원, 농협경제지주 가축개량원, 광역자치단체 축산연구기관에 있음

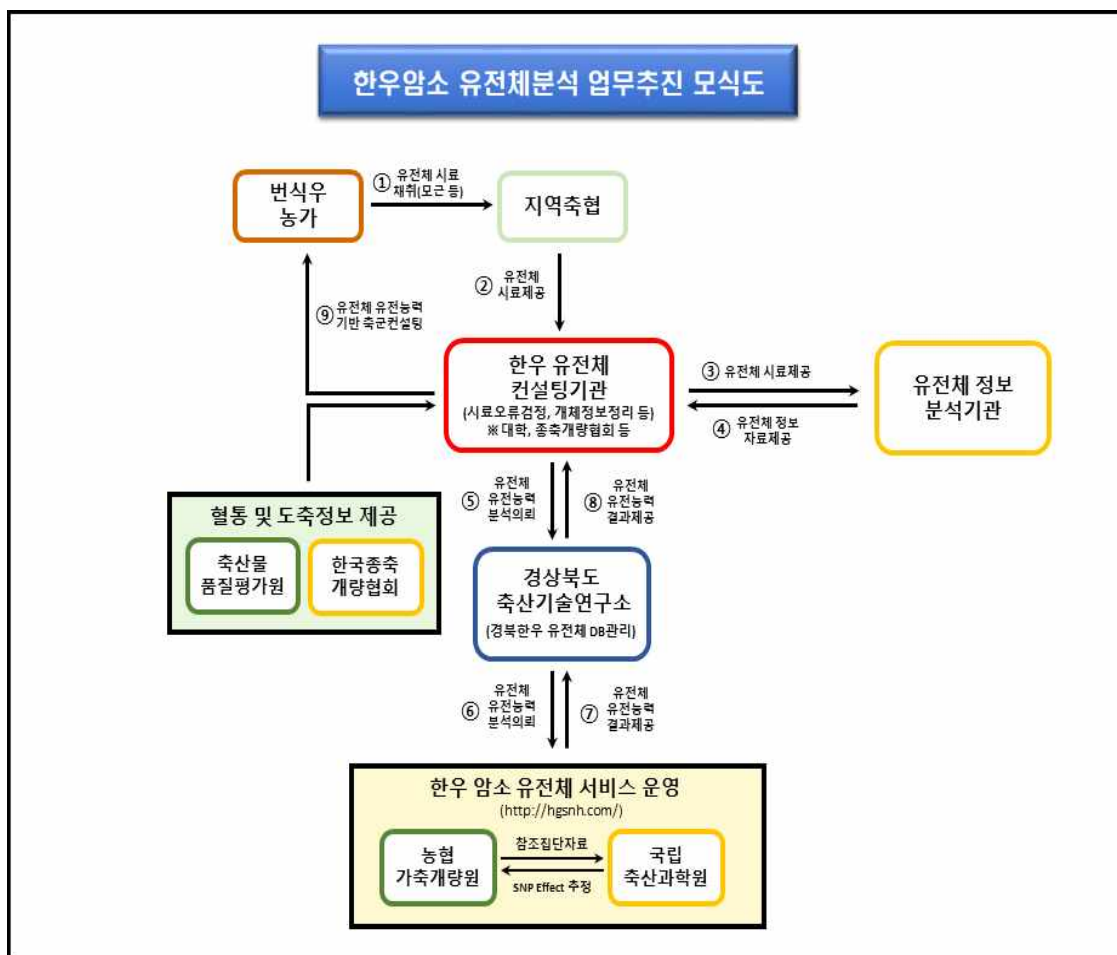


그림 8-3. 한우암소 유전체분석 업무추진 모식도

제 3절. 한우 공란우 유전능력 평가

1. 공란우 내역

가. 사용된 공란우는 총 81두이며, 이들 공란우의 아버지는 총 37종의 KPN이 활용되었음. 많이 활용된 KPN은 KPN950, KPN872, KPN828, KPN768 등이 있음(표 8-1 및 별첨자료)

표 8-1. 공란우에 활용된 아버지(부) 내역 및 활용 두수

KPN 명호	두수	KPN 명호	두수	KPN 명호	두수	KPN 명호	두수
KPN538	1	KPN783	1	KPN944	1	KPN1069	1
KPN641	2	KPN802	3	KPN950	15	KPN1145	1
KPN668	1	KPN828	5	KPN961	1	KPN1203	1
KPN685	2	KPN829	1	KPN999	1	KPN1281	2
KPN695	1	KPN872	9	KPN1002	1	KPN1283	1
KPN710	2	KPN881	2	KPN1006	1	KPN1348	1
KPN728	1	KPN887	3	KPN1009	3	KPN1416	1
KPN757	2	KPN896	1	KPN1012	1		
KPN758	1	KPN918	1	KPN1047	1		
KPN768	5	KPN920	1	KPN1064	1		

2. 공란우의 유전능력평가

가. 한우의 유전능력을 평가하는 방법은 현재 능력검정(당·후대검정)을 통한 유전능력평가가 일반적이나 암소의 경우 세대간격이 길고, 산자수가 적어 능력검정에 적합하지 않음

나. 현재까지 일반농가에서는 씨수소의 유전능력과 암소의 혈통을 고려한 혈통지수법(PI, Pedigree Index)을 가장 일반적으로 활용하고 있으며, 일부 농장의 경우 번식우 가계의 도축성적을 활용하여 번식우를 선발함

다. 혈통지수법은 등록되어진 혈통이 100%일치해야 계산된 유전능력 값을 활용할 수 있으며, 혈통지수에 의해 계산된 유전능력 값은 낮은 정확도로 암소개량에 한계가 있음

라. 최근 들어 유전체 유전능력평가 방법의 도입으로 암소의 유전능력평가에 대한 정확도는 높일 수 있으나 유전체 분석 등에 큰 비용이 발생해 일반농가에 적용(활용)이 어려움

마. 공란우 81두 중 후대(거세우) 도축성적이 있는 개체는 총 64두로 후대 평균 도축성적은 아래와(표 8-2) 같음

표 8-2. 공란우 후대(거세우) 도축성적

순번	이력제 번호	후대 두수	후대 평균성적				비고
			도체중 (kg)	등심 단면적 (㎠)	등지방 두께 (mm)	육질 등급*	
1	00212553****	1	602	121	9	5	
2	00211824****	1	468	94	12	5	
3	00211598****	1	541	116	13	5	우량
4	00211221****	1	485	103	15	4	
5	00230466****	1	416	86	21	4	
6	00211269****	1	498	104	13	5	
7	00210150****	1	606	115	7	5	
8	00210383****	1	503	119	13	5	우량
9	00231176****	1	444	89	17	5	
10	00210919****	1	639	113	14	5	우량
11	00209993****	1	542	115	16	5	우량
12	00210546****	1	504	94	10	5	
13	00210394****	1	331	60	7	4	
14	00231200****	1	495	124	8	5	우량
15	00231200****	1	462	105	9	5	
16	00231200****	1	525	125	13	5	우량
17	00231200****	1	418	96	12	4	
18	00210512****	1	510	109	15	5	
19	00211117****	1	434	99	10	5	
20	00211843****	1	609	129	14	5	우량
21	00210006****	1	584	128	15	5	
22	00210510****	1	422	85	10	4	
23	00212184****	2	437	94.5	12.5	5	
24	00209723****	2	474	106.5	18	5	
25	00209191****	2	501	126	15	5	초우량
26	00209198****	2	494.5	117.5	16	4	우량
27	00209369****	2	510	125.5	12	5	초우량
28	00208608****	2	460	99	10.5	4	우량

순번	이력제 번호	후대 두수	후대 평균성적				비고
			도체중 (kg)	등심 단면적 (㎢)	등지방 두께 (mm)	육질 등급*	
29	00209264****	2	589	127	12	4.5	우량
30	00209077****	2	453.5	100	8	4.5	
31	00210905****	2	492	123	9	5	우량
32	00231024****	2	476	134.5	10	5	우량
33	00210751****	2	536	103.5	9	4.5	우량
34	00210420****	2	501.5	104.5	12.5	4	우량
35	00210723****	2	440	89.5	11	4	
36	00211059****	2	518	104.5	13	4.5	
37	00211119****	2	500.5	139	10.5	5	초우량
38	00211123****	2	536	118	12	5	
39	00210750****	2	462	117	13	5	우량
40	00230110****	3	446.3	99.3	14	4.3	
41	00207714****	3	507.7	101	12.3	4.7	우량
42	00208354****	3	495	125.3	15.3	5	초우량
43	00208556****	3	533.7	113.7	17.3	4.7	
44	00230385****	3	474	106	12.7	4	우량
45	00230385****	3	457.7	91	12	5	
46	00209193****	3	550.3	118.3	10.7	4.3	초우량
47	00209018****	3	428.7	101.7	10	4	우량
48	00209254****	3	557.3	110.7	11	5	우량
49	00210892****	3	557	118	11	4.7	초우량
50	00206237****	4	507	105.3	11.5	4.5	초우량
51	00230114****	4	468.8	105.3	14.8	4.8	우량
52	00207011****	4	513	116.3	12.3	4.5	초우량
53	00230536****	4	520.3	110.3	17.3	5	우량
54	00208556****	4	549.5	121	13.3	4.5	초우량
55	00208879****	4	447.8	122.8	13.8	5	우량
56	00209896****	4	455	95.3	11.8	3.5	
57	00205541****	5	519.8	116.2	11.4	4.6	초우량
58	00207111****	5	505	18.8	11.6	5	우량
59	00230432****	5	508.2	109.2	14.4	5	초우량
60	00208151****	5	464.6	94.4	14	4.6	우량
61	00209555****	5	531.4	116	13.4	5	초우량
62	00206335****	6	492	103.2	12.7	4	우량
63	00200296****	14	487.8	108.9	11.9	4.6	초우량
64	00210614****	15	587.9	102.9	16.5	4.3	

* 육질등급 : (1++) 5, (1+) 4, (1) 3, (2) 2, (3) 1점으로 환산하여 평균값 계산

표 8-3. 한우(거세) 도축성적(2022년 전체)

도체중 간격	두수	생체중 (kg)	도체중 (kg)	등지방 두께 (mm)	등심 단면적 (cm ²)	육량지수	근내 지방도 (No)
300KG 미만	4,198	469	252	5.3	60.6	65.4	2.7
300KG ~ 350KG 미만	7,823	583	331	8.2	77.5	63.7	4.4
350KG ~ 400KG 미만	42,570	658	381	10.3	86.4	62.7	5.3
400KG 이상	396,308	792	474	13.2	98.9	61.6	6.3
전체	450,899	774	461	12.8	97	61.7	6.2

(2022년, 축산물품질평가원)

라. 거세 한우의 육질등급 출현율은 1등급이상 출현율이 90.8%, 1+등급 이상 출현율이 68.8%로 아주 높은 출현율을 보이고 있음(표 8-3, 4)

표 8-4. 한우(거세) 육질·육량등급 성적(2022년 전체)

등급	1++A	1++B	1++C	1+A	1+B	1+C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	등외
두수	54,720	83,708	34,271	36,291	71,870	29,496	26,773	52,574	20,159	12,214	19,528	5,853	806	2,292	344	330
비율 (%)	12.1	18.6	7.6	8.0	15.9	6.5	5.9	11.7	4.5	2.7	4.3	1.3	0.2	0.5	0.1	0.1
	38.3%			30.5			22.1			8.3			0.8			0.1

(2022년, 축산물품질평가원)

마. 공란우 79두 중 농가의 도의하에 모근을 채취하여 유전체 유전능력평가를 실시한 개체는 총 45두(유전체 유전능력평가 결과, 표 8-5)

제 9장. 연구 결론 및 산업화 기술 제언

제 1절. 농가 개량 욕구 충족과 양질의 수정란 생산체계 확립

1. 농가 직접 방문 OPU 난자채취 및 수정란 생산의 도약

- 가. 국내 수정란 이식산업은 약 10여 년간 전체 이식 두수의 규모 변화 없이 정체기에 머물러 있고, 코로나19 시대를 겪으며 축산경쟁력 확보가 더욱 절실한 상황임
- 나. 또한, 고능력 유전자원을 확보해야 하는 한우 사육 농가의 개량 욕구에 따라 난자를 채취하고 수정란의 생산 방법이 한우 농가 중심 즉 수요자 중심 산업체계로 변화하고 있음
- 다. 공란우가 수정란을 생산하는 곳으로 이동하는 현재 생산체계와 비교하면 농가 방문형 OPU 생산체계는 더욱 활발한 농가의 참여를 유도하였으며 기존의 소극적 공란우의 활용이 적극적 활용 양상으로 농가 인식이 전환되었다고 사료됨
- 라. OPU 수정란 생산을 통한 고능력 유전자원을 확보하기 위해서는 각각의 독립적인 기술을 융합하여 최적의 효율을 낼 수 있어야 하며, 상기에 언급한 난자 회수율의 안정화 및 이식 가능한 수정란의 생산을 증가는 한우 농가에서 수정란을 통한 개량의 의지를 높여줄 것으로 사료됨

2. 생산능력(경제 형질)과 번식능력을 고려한 공란우 선발

- 가. 후대검정성적이나 유전능력 평가를 통한 공란우 선발은 때로는 낮은 번식능력에 기인한 수정란 생산효율 저하를 유발할 수 있음
- 나. 수행과제의 연구 결과인 구상 난포 확인과 AMH 호르몬 검사 선발지표의 추가 적용은 효율적인(생산능력과 번식능력을 모두 갖춘) 공란우 선발의 객관성을 높였음
- 다. AMH 호르몬은 수정란 회수에 대한 간접적인 하나의 번식지표로 적용할 수 있음이 확인되었음
- 라. 공란우 사양관리 가이드 제공으로 농가의 능동적 번식우 관리를 실현하여 번식기능이 활발히 활동하고 있는 개체를 선정하여 난포자극호르

문 과배란 처리한다면 좋은 성적 기대됨

- 마. 축산 현장에서 유전능력이 우수한 고능력 암소를 선발하고, 이들 유전 자원을 활용하여 농가의 암소개체를 빠르게 증식하기 위해서는 유전체 도움-수정란이식(Genomic Assisted Embryo Transfer, GAET) 방법⁶⁾을 수행하는 것이 매우 효율적이라 사료됨
- 바. 농가에서 유전평가를 적극적으로 수행하고, 대단위 모집단이 구축하여 이들 중 고능력 암소의 농가방문형 난자채취 및 수정란 생산 기술을 적용(그림 9-1)하면 농가의 암소개량을 증가시킬 수 있을 것으로 예상됨

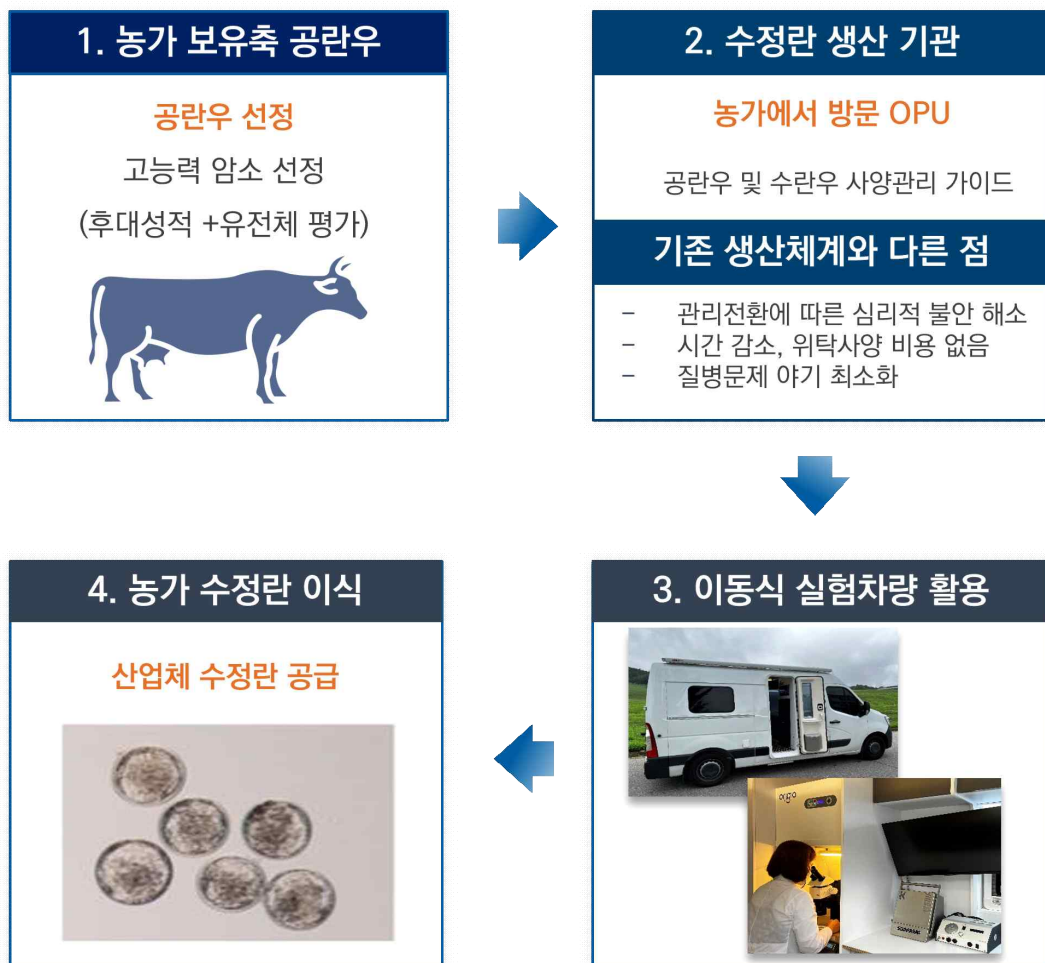


그림 9-1. 농가 방문형 난자채취 및 수정란 생산 기술을 적용

6) “초우량 한우 암소 선발 방법 검증 연구”, 한우자조금관리위원회, 2021

3. OPU 유래 수정란의 생산성 향상

- 가. 늘어나고 있는 한우 수정란이식 분야에서의 OPU 유래 수정란의 수요에 비해 기술 수행력을 보유한 국내 생산기관이 적은 상황에서, 본 연구과제에 적용된 난포자극 방법은 현장의 수요에 대처할 수 있는 난자 채취 방법의 다양성을 제공하였음
- 나. 한우 농가의 직접 방문하여 채취가 용이하고 다수의 난자를 확보 가능한 방법을 제시하였으며, 호르몬의 사용은 비용과 번식 생리적 부담감은 다소 있지만 기존의 체내수정란(IVD) 생산 시 사용되는 호르몬의 양과 비교하면 상당히 적은 양의 호르몬을 사용하였음
- 다. 이미 앞서 외국의 연구사례를 참고(De Roover R. 2008, Petrovas G. 2020 등)하여 충분히 안전한 범위 내 호르몬의 사용량을 적용하였으며 본 연구를 통해서 한우에서 2주 간격의 6번의 반복적인 채취에도 불구하고 정상적인 번식 활동이 확인되었음
- 라. 현재 세계적으로 OPU 수정란을 가장 많이 생산하는 나라는 브라질이며 미국처럼 FSH 호르몬을 사용하여 난포자극과 배란을 동기화하는 실험방법을 적용하지는 않음
- 1) *Bos indicus* 계열의 브라질 육우(Nelore cow)의 특성(그림 9-2)상 우리 한우와는 다르게 채취되는 난자가 GV2 단계의 양질의 난자가 다수를 차지하여(Ana Caroline. 2020) 랜덤한 상태의 OPU를 하는 것이 효율적일 거라는 생각됨
 - 2) 하지만 한우에서는 랜덤한 상태에서 OPU 시술 시 채취되는 난자는 GV0 ~ GV3, GVBD, DEG⁷⁾ 와 같이 다양한 형태의 난자가 회수되는 양상을 나타냄

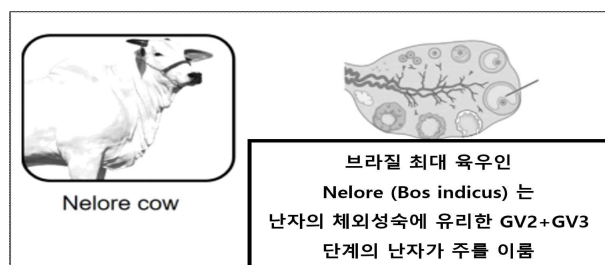


그림 9-2. *Bos indicus* 계열의 브라질 육우(Nelore cow)의 채취 난자 특성

7) 생식소포(GV) 단계의 난모세포는 세포질로 둘러싸인 핵을 포함하는 미성숙 난자를 의미한다. GV 난모세포의 염색질 압축 수준은 GV0에서 GV3까지 등급이 매겨진다.

마. 수정란 생산효율을 최대 수정란 생산 국가이자 난포자극호르몬 처치 방법을 활용하지 않는 브라질과 비교하면 본 연구에서는 약 10% 정도 수정란의 생산효율이 향상된 결과를 얻었음(그림 9-3).

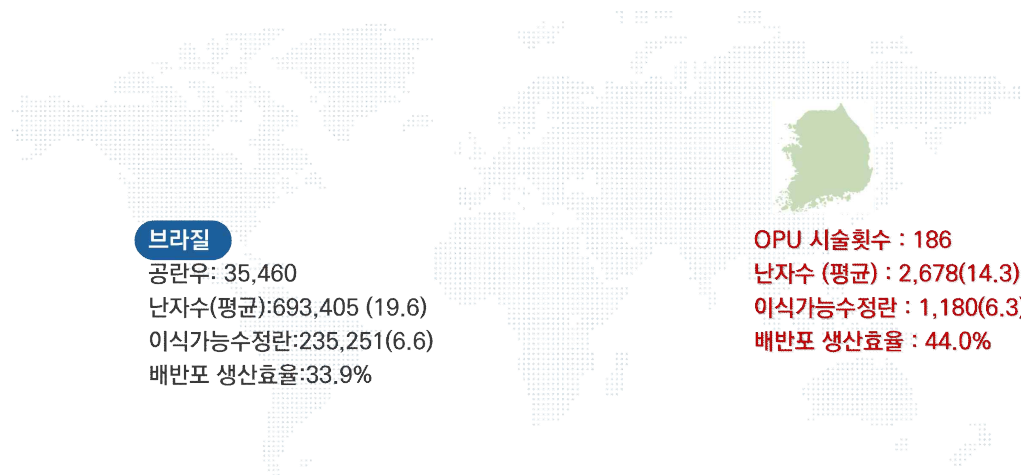


그림 9-3. 브라질 수정란 생산효율과 본 연구과제 수행 수정란 생산효율의 비교

4. 유리화 동결 방법 (Vitrification)의 국내 현장의 적용 가능성

- 가. 소 수정란의 동결보존에 있어 보편적으로 이용되는 방법은 완만동결법 (slow freezing) 이었으며 세계적으로 많은 종류의 시판제품이 현재까지도 사용되고 있음
- 나. 하지만, OPU 유래 체외생산 수정란의 시장 점유율이 체내회수(IVD) 수정란의 점유율을 증가하게 된 시점 이후 급속동결법의 (vitrification) 효율이 향상되고 있으며 국외에서는 많은 전문가가 을 현장에 적용하고 있음
- 다. 본 연구팀도 유리화 동결 방법을 국내 수정란이식 산업에 안정적으로 적용하기 위하여 국내에서는 선도적으로 농가에 적용하였음
 - 1) 난포자극 호르몬을 활용한 실험군에서 동결 후 용해에도 안정적인 수정란의 재확장과 부화율이 가지는 것을 확인하였음
 - 2) 또한, 실제 본 연구 실증사업에 적용하여 농가에 유리화 동결 유래 동결란을 공급하였을 때 약 50%의 수태 능력을 확인
 - 3) 현장검증에서 OPU유래 수정란은 신선란 상태로 이식된 수정란에 비

해 수태능력이 저하되지 않는 것으로 보였음

- 4) 이후 분만 산자의 생존율 및 이상 여부 확인 과정이 남아있는데 이를 통해 유리화 동결 방법의 현장 적용성을 검토할 필요가 있음

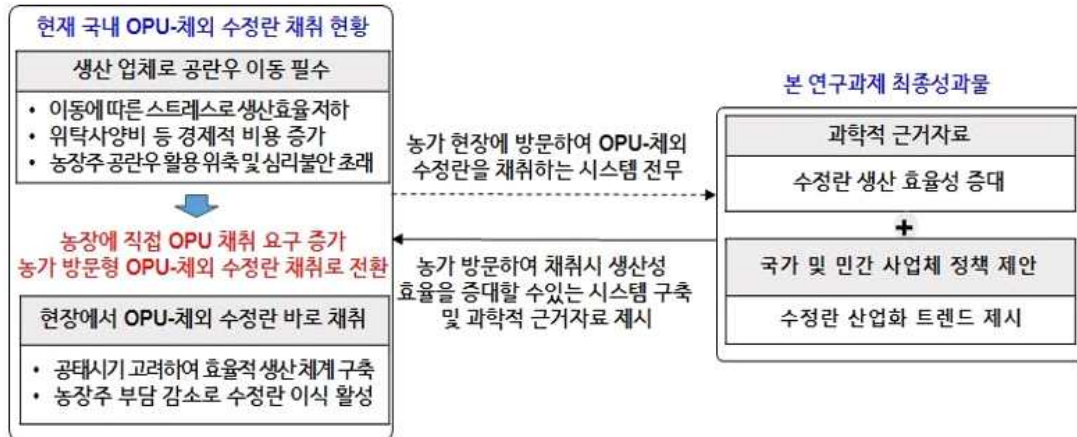


그림 9-4. 본 연구과제와 결과 요약과 국내 한우 수정란 산업의 방향 전환

제 2절. 수정란 생산체계 방향 전환을 위한 홍보

1. 수정란 생산기관 및 이식 전문가 교육 홍보

가. 정기 대면교육과 Youtube 영상 제작을 통한 홍보

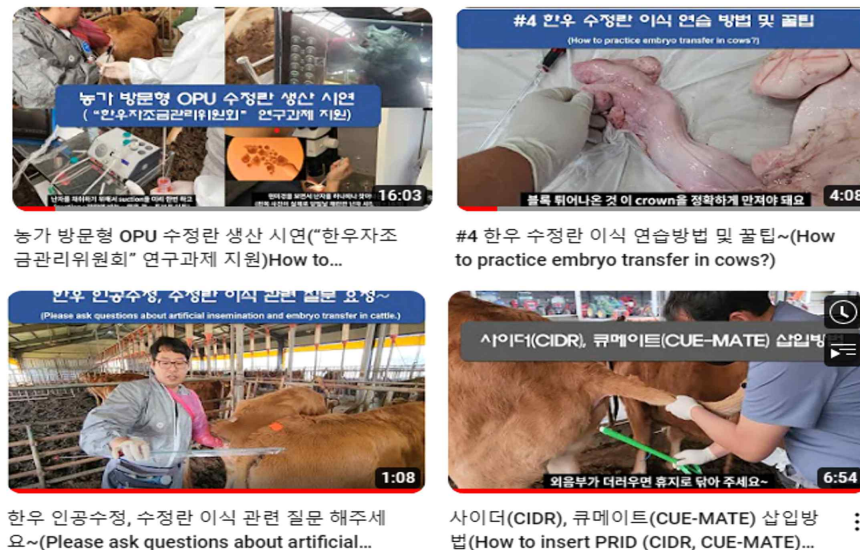


그림 9-5. 농가 방문형 OPU 수정란 생산 영상 홍보 및 번식기술 교육 영상



국내최초 농가방문형 OPU수정란 생산차량 :
(경북축산기술연구소 이준구 박사) A vehicl...



한우 수정란이식 전문가 1편_(주)라트바이오
이원유 박사(Specialist of embryo transfer...



한우 수정란이식 전문가 2편(농협경제지주 한
우개량사업소 정진우 과장) (Specialist of...

그림 9-6. 수정란 생산 및 이식 전문가 초청 교육 및 영상 제작



그림 9-7. 수정란 생산 및 이식 전문가 초청 심화교육

제 3절. 정책 제언

제언 1. 한우 개량을 위한 농가 직접방문 OPU 수정란 생산

1. 공격적 개량의 필요성

- 가. 한우 농가 OPU-체외수정란 인식 증가와 고능력 수정란의 폭발적 수요 상태이고 전국 각지의 고능력 암소자원을 효율적으로 활용하기 위해 직접 방문 생산 필요
- 나. 찾아가는 OPU 수정란 생산은, 기존 산업체 입식으로 인한 농가 심리적 부담감 해소 우수 정액 쏠림현상 개선이 가능할 것으로 예상됨
- 다. 예를 들어 최근 가장 선호 정액으로 알려진 KPN1416 정액 경우 1개로 수십 개의 수정란을 생산할 수 있음

2. 현재 추진상황

- 가. 농림축산식품부 “우량암소 수정란 이식 지원사업” 으로 경북 관내 한우농가 대상으로 수정란 생산/공급 중(600개/년)
- 나. 본 연구팀은 우량암소 수정란 생산과 전국 각지의 다양한 우수한 유전자원 활용하기 위해 농가를 직접 방문하여 OPU 수정란 생산체계를 산업화를 위해 노력하고 있으며 현재 전국에서 가장 많은 농가 방문형 OPU 수정란 생산 경험/실력 보유하고 있음
- 다. 각 도 수정란 생산기관과 일부 민간 생산기관 간 기술 교류를 진행하고 있으며 본 연구결과를 각 기관으로 정보 공유를 통해 몇몇 기관에서는 이미 이동식 실험 차량을 구축하였으며 전국의 자원을 고루 활용하기 위한 공격적 개량을 시작하였음
- 라. 전국의 초우량/우량 암소 및 유전체 유전능력 1% 개체 활용하여 공격적 한우 개량 선도하고 있으며 우량 정액 수급의 불균형 및 어려움에 따른 현장 수요형 개량효과 방안을 모색하여야 함

3. 사업화 방안

- 가. 단기계획

- 1) 한우 농가의 자발적 참여 및 홍보를 위한 시범사업 실시
- 2) 각 도 축산기술연구소 및 농협경제지주와 연계하여 전국적 유전자원 활용
나. 중·장기 계획
 - 1) 수정란 저장·유통 등을 위한 고도화된 지역 거점 공란우 생산기지 구축
 - 2) 수정란 유래 산자의 개량효과 및 방향 설정을 위한 빅데이터 구축 사업

4. 기대효과

- 가. 한우 농가의 기대에 부응하는 국내 수정란 산업의 트렌드 제시
- 나. 농가에서 보다 손쉽게 OPU 유래 수정란을 접근 가능
- 다. 전국의 소중한 암소 유전자원 활용 극대화 하여 공격적 개량 선도
- 라. 우량암소 수정란 생산·이식을 통한 개량기간 단축 효과 (최소 10년 이상)
- 마. 공란우(우량암소) 이동 필요 X(질병방지), 농장 방문형 OPU를 통해 효율적 수정란 생산
- 바. 일부 종모우의 정액 쏠림 현상 완화 및 번식농가의 정액 수급 어려움 해소

제언 2. 수정란 이력 관리 및 빅데이터 플랫폼 구축

1. 수정란 이력 관리의 문제점

- 가. 현재 상황
 - 1) 수정란 생산기관 : 공급내역 및 이식성적(수태율)을 기관 자체 관리
 - 2) 수정란 이식자 : 이식내역 및 임신감정 결과 생산기관 및 지자체에 보고
 - 3) 수정란이식 농가 : 태어난 산자의 번식성적 및 도축성적의 별도 관리 없음
- 나. 농림축산식품부 수정란지원사업 및 지자체 수정란이식사업 장기화
 - 1) 수정란의 수태율, 번식률, 산자의 도축성적 등 데이터화 된 이력 관리가 되지
않음
 - 2) 수년간의 사업에도 불구하고 수정란이식으로 인한 객관화된 개량 결
과를 파악하기 힘들며 흩어져있는 데이터의 취합 및 관리가 되지 못하
는 실정
 - 3) 수정란 이력관리 부제로 수정란이식을 통한 한우 개량의 불확실성 존재

2. 수정란 이력관리와 빅데이터 플랫폼의 필요성

- 가. 흩어진 수정란 이력 데이터를 한곳에 모아 한우 개량관리 필요
- 나. 객관적이고 정량화된 통계자료를 기반으로 신뢰성 있는 개량을 추구
- 다. 빅데이터 플랫폼을 통한 개량 결과 도출 및 개량 방향 설정의 필요
- 라. 기존 이력제 시스템을 통한 송아지 추적 시스템으로 기관별, 이식자별, 농가별, 지역별 등 생산이력 추적으로 고도화된 개량 목표 설정의 필요

3. 추진체계

- 가. 데이터 구축을 위한 플랫폼(소프트웨어) 구축
- 나. 시범사업 추진으로 생산기관 및 이식자단체 자료 입력 협조 필요

4. 기대효과

- 가. 신뢰성 있는 통계자료 활용하여 수정란이식 개량 효과 검증
- 나. 빅데이터를 활용한 전략적 개량 방향 및 목표설정

참고문헌

1. Sakaguchi K, Nagano M. Follicle priming by FSH and pre-maturation culture to improve oocyte quality in vivo and in vitro. *Theriogenology*. 2020;150:122-9. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.01.023. PubMed PMID: 32005509.
2. Pontes JH, Nonato-Junior I, Sanches BV, Ereno-Junior JC, Uvo S, Barreiros TR, et al. Comparison of embryo yield and pregnancy rate between in vivo and in vitro methods in the same Nelore (*Bos indicus*) donor cows. *Theriogenology*. 2009;71(4):690-7. doi: 10.1016/j.theriogenology.2008.09.031. PubMed PMID: 18995895.
3. Blondin P. Logistics of large scale commercial IVF embryo production. *Reprod Fertil Dev*. 2016;29(1):32-6. doi: 10.1071/RD16317. PubMed PMID: 28278791.
4. Soares ACS, Sakoda JN, Gama IL, Bayeux BM, Lodde V, Luciano AM, et al. Characterization and control of oocyte large-scale chromatin configuration in different cattle breeds. *Theriogenology*. 2020;141:146-52. doi: 10.1016/j.theriogenology.2019.09.020. PubMed PMID: 31541784.
5. Seneda MM, Zangirolamo AF, Bergamo LZ, Morotti F. Follicular wave synchronization prior to ovum pick-up. *Theriogenology*. 2020;150:180-5. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.01.024. PubMed PMID: 31982155.
6. Ongaratto FL, Cedeno AV, Rodriguez-Villamil P, Tribulo A, Bo GA. Effect of FSH treatment on cumulus oocyte complex recovery by ovum pick up and in vitro embryo production in beef donor cows. *Anim Reprod Sci*. 2020;214:106274. doi: 10.1016/j.anireprosci.2020.106274. PubMed PMID: 32087924.
7. de Carvalho JGS, de Carvalho NAT, Bayeux BM, Watanabe YF,

Watanabe OY, Mingoti RD, et al. Superstimulation prior to the ovum pick-up improves the in vitro embryo production in nulliparous, primiparous and multiparous buffalo (*Bubalus bubalis*) donors. *Theriogenology*. 2019;138:164-8. doi: 10.1016/j.theriogenology.2019.07.003. PubMed PMID: 31374459.

8. Cavalieri FLB, Morotti F, Seneda MM, Colombo AHB, Andreazzi MA, Emanuelli IP, et al. Improvement of bovine in vitro embryo production by ovarian follicular wave synchronization prior to ovum pick-up. *Theriogenology*. 2018;117:57-60. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.11.026. PubMed PMID: 29198975.

9. da Silva JCB, Ferreira RM, Maturana Filho M, Naves JR, Santin T, Pugliesi G, et al. Use of FSH in two different regimens for ovarian superstimulation prior to ovum pick up and in vitro embryo production in Holstein cows. *Theriogenology*. 2017;90:65-73. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.11.016. PubMed PMID: 28166990.

10. De Roover R, Feugang JM, Bols PE, Genicot G, Hanzen C. Effects of ovum pick-up frequency and FSH stimulation: a retrospective study on seven years of beef cattle in vitro embryo production. *Reprod Domest Anim*. 2008;43(2):239-45. doi: 10.1111/j.1439-0531.2007.00873.x. PubMed PMID: 18226024.

11. Petrovas G, Kosior MA, Presicce GA, Russo M, Zullo G, Alberio G, et al. FSH Stimulation with Short Withdrawal Improves Oocyte Competence in Italian Mediterranean Buffalo (*Bubalus bubalis*). *Animals (Basel)*. 2020;10(11). doi: 10.3390/ani10111997. PubMed PMID: 33143113; PubMed Central PMCID: PMC7693096.

12. Liang X, Zhang X, Yang B, Chen M, Huang F, Pang C, et al. Repeated Ovum Pick-Up and In-vitro Embryo Production in Buffalo. *Italian Journal of Animal Science*. 2016;6(sup2):759-61. doi: 10.4081/ijas.2007.s2.759.

13. Neglia G, Gasparrini B, Vecchio D, Boccia L, Varricchio E, Di Palo

R, et al. Long term effect of Ovum Pick-up in buffalo species. *Anim Reprod Sci.* 2011;123(3-4):180-6. doi: 10.1016/j.anireprosci.2011.01.011. PubMed PMID: 21306842.

14. Gasparrini B, Neglia G, Di Palo R, Vecchio D, Albero G, Esposito L, et al. Influence of oocyte donor on in vitro embryo production in buffalo. *Anim Reprod Sci.* 2014;144(3-4):95-101. doi: 10.1016/j.anireprosci.2013.11.010. PubMed PMID: 24374181.

15. Liang A, Salzano A, D'Esposito M, Comin A, Montillo M, Yang L, et al. Anti-Mullerian hormone (AMH) concentration in follicular fluid and mRNA expression of AMH receptor type II and LH receptor in granulosa cells as predictive markers of good buffalo (*Bubalus bubalis*) donors. *Theriogenology.* 2016;86(4):963-70. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.03.020. PubMed PMID: 27087535.

16. Baldrighi J, Sa Filho MF, Batista EO, Lopes RN, Visintin JA, Baruselli PS, et al. Anti-Mullerian hormone concentration and antral ovarian follicle population in Murrah heifers compared to Holstein and Gyr kept under the same management. *Reprod Domest Anim.* 2014;49(6):1015-20. doi: 10.1111/rda.12430. PubMed PMID: 25291989.

17. Ginther OJ. The theory of follicle selection in cattle. *Domest Anim Endocrinol.* 2016;57:85-99. doi: 10.1016/j.domaniend.2016.06.002. PubMed PMID: 27565235.

18. Baerwald AR, Adams GP, Pierson RA. Ovarian antral folliculogenesis during the human menstrual cycle: a review. *Hum Reprod Update.* 2012;18(1):73-91. doi: 10.1093/humupd/dmr039. PubMed PMID: 22068695.

19. Machado GM, Carvalho JO, Filho ES, Caixeta ES, Franco MM, Rumpf R, et al. Effect of Percoll volume, duration and force of centrifugation, on in vitro production and sex ratio of bovine embryos. *Theriogenology.* 2009;71(8):1289-97. doi: 10.1016/j.theriogenology.2009.01.002. PubMed PMID:

19230963.

20. Aguila L, Treulen F, Therrien J, Felmer R, Valdivia M, Smith LC. Oocyte Selection for In Vitro Embryo Production in Bovine Species: Noninvasive Approaches for New Challenges of Oocyte Competence. *Animals (Basel)*. 2020;10(12). Epub 20201124. doi: 10.3390/ani10122196. PubMed PMID: 33255250; PubMed Central PMCID: PMC7760727.

21. Lodde V, Modina S, Galbusera C, Franciosi F, Luciano AM. Large-scale chromatin remodeling in germinal vesicle bovine oocytes: interplay with gap junction functionality and developmental competence. *Mol Reprod Dev*. 2007;74(6):740-9. doi: 10.1002/mrd.20639. PubMed PMID: 17075796.

22. Vajta G, Holm P, Kuwayama M, Booth PJ, Jacobsen H, Greve T, et al. Open Pulled Straw (OPS) vitrification: a new way to reduce cryoinjuries of bovine ova and embryos. *Mol Reprod Dev*. 1998;51(1):53-8. doi: 10.1002/(SICI)1098-2795(199809)51:1<53::AID-MRD6>3.0.CO;2-V. PubMed PMID: 9712317.

23. Spricigo JF, Diogenes MN, Leme LO, Guimaraes AL, Muterlle CV, Silva BD, et al. Effects of Different Maturation Systems on Bovine Oocyte Quality, Plasma Membrane Phospholipid Composition and Resistance to Vitrification and Warming. *PLoS One*. 2015;10(6):e0130164. doi: 10.1371/journal.pone.0130164. PubMed PMID: 26107169; PubMed Central PMCID: PMC4480852.

24. G.A. Bo RJM. Evaluation and classification of bovine embryos. *Anim Reprod: Anim. Reprod*; 2013. p. 344-8.

25. Baruselli PS, Ferreira RM, Sales JN, Gimenes LU, Sa Filho MF, Martins CM, et al. Timed embryo transfer programs for management of donor and recipient cattle. *Theriogenology*. 2011;76(9):1583-93. Epub 20110728. doi: 10.1016/j.theriogenology.2011.06.006. PubMed PMID: 21798580.

26. Sirard MA, Desrosier S, Assidi M. In vivo and in vitro effects of FSH on oocyte maturation and developmental competence. *Theriogenology*. 2007;68 Suppl 1:S71-6. doi: 10.1016/j.theriogenology.2007.05.053. PubMed PMID: 17588652.
27. Thomas FH, Ethier JF, Shimasaki S, Vanderhyden BC. Follicle-stimulating hormone regulates oocyte growth by modulation of expression of oocyte and granulosa cell factors. *Endocrinology*. 2005;146(2):941-9. doi: 10.1210/en.2004-0826. PubMed PMID: 15539559.
28. Yuan H, Lu J, Xiao SY, Han XY, Song XT, Qi MY, et al. miRNA expression analysis of the sheep follicle during the prerecruitment, dominant, and mature stages of development under FSH stimulation. *Theriogenology*. 2022;181:161-9. doi: 10.1016/j.theriogenology.2022.01.001. PubMed PMID: 35101680.
29. Macklon NS, Fauser BC. Follicle-stimulating hormone and advanced follicle development in the human. *Arch Med Res*. 2001;32(6):595-600. doi: 10.1016/s0188-4409(01)00327-7. PubMed PMID: 11750735.
30. Sirard MA. 40 years of bovine IVF in the new genomic selection context. *Reproduction*. 2018;156(1):R1-R7. doi: 10.1530/REP-18-0008. PubMed PMID: 29636405.
31. Lonergan P, Fair T. Maturation of Oocytes in Vitro. *Annu Rev Anim Biosci*. 2016;4:255-68. doi: 10.1146/annurev-animal-022114-110822. PubMed PMID: 26566159.
32. de Wit AA, Wurth YA, Kruip TA. Effect of ovarian phase and follicle quality on morphology and developmental capacity of the bovine cumulus-oocyte complex. *J Anim Sci*. 2000;78(5):1277-83. doi: 10.2527/2000.7851277x. PubMed PMID: 10834583.
33. Hendriksen PJ, Vos PL, Steenweg WN, Bevers MM, Dieleman SJ.

Bovine follicular development and its effect on the in vitro competence of oocytes. *Theriogenology*. 2000;53(1):11-20. doi: 10.1016/s0093-691x(99)00236-8. PubMed PMID: 10735058.

34. Seneda MM, Esper CR, Garcia JM, Oliveira JA, Vantini R. Relationship between follicle size and ultrasound-guided transvaginal oocyte recovery. *Anim Reprod Sci*. 2001;67(1-2):37-43. doi: 10.1016/s0378-4320(01)00113-0. PubMed PMID: 11408112.

35. Mikkola M, Hasler JF, Taponen J. Factors affecting embryo production in superovulated *Bos taurus* cattle. *Reprod Fertil Dev*. 2019;32(2):104-24. doi: 10.1071/RD19279. PubMed PMID: 32188562.

36. Dadarwal D, Honparkhe M, Dias FC, Alce T, Lessard C, Singh J. Effect of superstimulation protocols on nuclear maturation and distribution of lipid droplets in bovine oocytes. *Reprod Fertil Dev*. 2015;27(8):1137-46. doi: 10.1071/RD13265. PubMed PMID: 24942058.

37. Beker AR, Colenbrander B, Bevers MM. Effect of 17beta-estradiol on the in vitro maturation of bovine oocytes. *Theriogenology*. 2002;58(9):1663-73. doi: 10.1016/s0093-691x(02)01082-8. PubMed PMID: 12472137.

38. Labrecque R, Vigneault C, Blondin P, Sirard MA. Gene expression analysis of bovine oocytes with high developmental competence obtained from FSH-stimulated animals. *Mol Reprod Dev*. 2013;80(6):428-40. doi: 10.1002/mrd.22177. PubMed PMID: 23559376.

39. Sakaguchi K, Maylem ERS, Tilwani RC, Yanagawa Y, Katagiri S, Atabay EC, et al. Effects of follicle-stimulating hormone followed by gonadotropin-releasing hormone on embryo production by ovum pick-up and in vitro fertilization in the river buffalo (*Bubalus bubalis*). *Anim Sci J*. 2019;90(5):690-5. doi: 10.1111/asj.13196. PubMed PMID: 30854764; PubMed Central PMCID: PMC6593430.

40. Gupta A, Singh J, Dufort I, Robert C, Dias FCF, Anzar M. Transcriptomic difference in bovine blastocysts following vitrification and slow freezing at morula stage. *PLoS One*. 2017;12(11):e0187268. doi: 10.1371/journal.pone.0187268. PubMed PMID: 29095916; PubMed Central PMCID: PMC5667772.

41. Pitangui-Molina CP, Vireque AA, Tata A, Belaz KR, Santos VG, Ferreira CR, et al. Effect of soybean phosphatidylcholine on lipid profile of bovine oocytes matured in vitro. *Chem Phys Lipids*. 2017;204:76-84. doi: 10.1016/j.chemphyslip.2017.03.003. PubMed PMID: 28336451.

42. Kocyigit A, Cevik M. Correlation between the cryosurvival, cell number and diameter in bovine in vitro produced embryos. *Cryobiology*. 2016;73(2):203-8. doi: 10.1016/j.cryobiol.2016.07.010. PubMed PMID: 27450388.
43. Blondin P, Bousquet D, Twagiramungu H, Barnes F, Sirard MA. Manipulation of follicular development to produce developmentally competent bovine oocytes. *Biol Reprod*. 2002;66(1):38-43. doi: 10.1095/biolreprod66.1.38. PubMed PMID: 11751261.

44. Sartori R, Bastos MR, Wiltbank MC. Factors affecting fertilisation and early embryo quality in single- and superovulated dairy cattle. *Reprod Fertil Dev*. 2010;22(1):151-8. doi: 10.1071/RD09221. PubMed PMID: 20003858.
45. Hawk HW, Conley HH, Wall RJ, Whitaker RO. Fertilization rates in superovulating cows after deposition of semen on the infundibulum, near the uterotubal junction or after insemination with high numbers of sperm. *Theriogenology*. 1988;29(5):1131-42. doi: 10.1016/s0093-691x(88)80038-4. PubMed PMID: 16726436.

46. Donaldson LE. The day of the estrous cycle that FSH is started and superovulation in cattle. *Theriogenology*. 1984;22(1):97-9. doi: 10.1016/0093-691x(84)90477-1. PubMed PMID: 16725940.

47. Carvalho PD, Souza AH, Sartori R, Hackbart KS, Dresch AR, Vieira

LM, et al. Effects of deep-horn AI on fertilization and embryo production in superovulated cows and heifers. *Theriogenology*. 2013;80(9):1074-81. doi: 10.1016/j.theriogenology.2013.08.008. PubMed PMID: 24084230; PubMed Central PMCID: PMC5942213.

[별첨 자료]

별첨 1. 번식우 전용 반추위삽입형 캡슐(보러스) 비교

항목	디테빗엑셀	올트레이스	올리고벤티리프로	올리고벤티프로프러시
이미지				
중량	95g	107g	140g	145g
등록성분	마그네슘 88,000mg/kg 아연 260,000mg/kg 칼슘 19,300mg/kg 등	망간 3.0% 이상 아연 3.0% 이상 코발트 500ppm이상	철 18% 이상 마그네슘 8.5% 이상 칼슘 6.6% 이상	철 18% 이상 마그네슘 8.5% 이상 베타카로틴 2.75% 이상
지속기간	8개월	8개월	8주	2일
투여시기	체중 200kg 이상	체중 150kg 이상	분만 30일 후	AI 및 ET 이전
주요기능	번식장애 예방 등	수태율 향상 등	발정기능강화 등	수정 및 착상율 강화 등
투여량	2보러스	2보러스	1보러스	1보러스
제조국	프랑스	영국	프랑스	프랑스

별첨 2. 번식우 전용 사료첨가제 비교

항목	일년일산	카우틴	케로틴플러스	브라보번식
이미지				
형태	가루(M)	펠렛(P)	펠렛(P)	가루(M)
등록성분	베타카로틴 5,000mg/kg 미네랄·광물질 등	베타카로틴 3,000mg/kg 염화콜린·비타민E	베타카로틴 4,000mg/kg 비타민E 2,000mg/kg 이상	비타민 1,400,000 iu/kg 비타민D3 340,000 iu/kg 비타민E 1,000 mg/kg 베타카로틴 250mg/kg
사용효과	난소 및 자궁발육촉진 각종 호르몬 생성 증가에 기여	수태율향상 강한 발정징후 후산정체 개선	번식장애 및 수태율향상 공태기간 단축	간기능개선 수태 및 번식력향상 유질개선
급여방법	12개월령부터 두당 100g/일	두당 50g/일	분만 전 2주후~ 분만 후 12주까지 두당 50~100g/일	집중급여(분만2 주전~분만10주- 100g/일) 상시급여(두당 50g/일)

별첨 3. 번식우 전용 주사제 비교

항목	헤마토포스	미네졸	셀레비트어덜트	오보스팀
이미지				
등록성분	본제 100ml 중 소듐 카코딜레이트 3g 암모니움 아이언 시트레이트 2g DL-메치오닌 1g 등	본제 1ml 중 요오드화나트륨 50 mg 요오드화칼륨 50 mg 글루콘산칼륨 300 mg 치아인산칼륨 65 mg 등	본제 100ml 중 비타민 E 7.5g 셀레늄 75mg 폴리옥실35피자 마유 15g 등	본제 1ml 중 베타카로틴 5 mg dl- α -토코페롤 아세테이트 20 mg
용법용량	피하·근육주사 성우 10~20ml 송아지 5~10ml	정맥·근육주사 성우 10~20ml 송아지 5~10ml	피하·근육주사 체중 15kg당 0.6ml-1.2ml	근육주사 체중 100kg당 3.5-7ml
사용효과	빈혈, 성장촉진, 임신 등의 보조	체액 균형, 칼슘보충 등 난소낭종, 발정, 난소기능저하, 수태율 증가 등 보조	번식장애 및 수태율향상 공태기간 단축	번식능력향상 항산화작용 및 면역기능 조절
제조국	페루	인도	스페인	터키

별첨 4. 농가 방문형 OPU 난자채취 및 수정란 생산 개체별 결과

번 호	공란우	회수 난자	이식 가능 수정란	이식 가능 수정란 비율
1	00210138****	5	1	20%
2	00231176****	24	6	25%
3	00208608****	6	3	50%
4	00209193****	15	4	27%
5	00211598****	11	4	36%
6	00209198****	15	10	67%
7	00210383****	9	5	56%
8	00212184****	12	9	75%
9	00211117****	8	4	50%
10	00211598****	16	4	25%
11	00209198****	13	9	69%
12	00210383****	22	12	55%
13	00210546****	5	4	80%
14	00212553****	14	4	29%
15	00208354****	18	9	50%
16	00209018****	23	9	39%
17	00209555****	9	3	33%
18	00210919****	6	4	67%
19	00214785****	16	13	81%
20	0020887****	5	5	100%

번 호	공란우	회수 난자	이식 가능 수정란	이식 가능 수정란 비율
21	00231200****	9	3	33%
22	00231200****	27	6	22%
23	00210512****	17	11	65%
24	00209077****	6	2	33%
25	00210512****	48	15	31%
26	00209254****	28	12	43%
27	00211598****	9	3	33%
28	00209198****	13	4	31%
29	00230110****	5	2	40%
30	00210383****	36	17	47%
31	00230114****	14	8	57%
32	00210420****	13	4	31%
33	00211598****	7	2	29%
34	00230385****	11	4	36%
35	00209723****	24	8	33%
36	00209198****	16	14	88%
37	00230110****	6	5	83%
38	00210383****	26	13	50%
39	00231200****	20	7	35%
40	00231200****	13	7	54%

번 호	공란우	회수 난자	이식 가능 수정란	이식 가능 수정란 비율
41	00231200****	49	15	31%
42	00209191****	14	3	21%
43	00212553****	24	5	21%
44	00208354****	18	8	44%
45	00210150****	28	14	50%
46	00206237****	24	16	67%
47	00210006****	19	5	26%
48	00230385****	14	9	64%
49	00209723****	18	4	22%
50	00211598****	4	2	50%
51	00209198****	19	11	58%
52	00230110****	15	11	73%
53	00210383****	33	15	45%
54	00210892****	29	8	28%
55	00209993****	16	8	50%
56	00210510****	6	3	50%
57	00210918****	22	5	23%
58	00209772****	15	7	47%
59	00230432****	11	8	73%
60	00209369****	11	5	45%

번 호	공란우	회수 난자	이식 가능 수정란	이식 가능 수정란 비율
61	00210892****	7	6	86%
62	00209993****	20	8	40%
63	00210150****	22	7	32%
64	00210919****	16	7	44%
65	00209555****	4	2	50%
66	00211843****	13	1	8%
67	00230536****	16	8	50%
68	00206335****	10	4	40%
69	00212433****	37	10	27%
70	00214369****	16	3	19%
71	00210614****	15	8	53%
72	00206237****	27	14	52%
73	00205541****	14	5	36%
74	00207011****	4	3	75%
75	00210512****	43	15	35%
76	00211854****	18	5	28%
77	00209654****	8	5	63%
78	00211547****	11	2	18%
79	00211269****	14	8	57%
80	00207011****	11	6	55%

번 호	공란우	회수 난자	이식 가능 수정란	이식 가능 수정란 비율
81	00230385****	12	6	50%
82	00209723****	2	1	50%
83	00211598****	5	1	20%
84	00209198****	9	7	78%
85	00230110****	41	11	27%
86	00210383****	21	11	52%
87	00210892****	12	8	67%
88	00209555****	17	10	59%
89	00210919****	8	4	50%
90	00214785****	18	10	56%
91	00210150****	39	21	54%
92	00208945****	7	5	71%
93	00231024****	12	5	42%
94	00208556****	7	4	57%
95	00210394****	13	6	46%
96	00216084****	24	13	54%

별첨 5. 공란우 유전체 유전능력평가 결과

순번	이력제 번호	유전체 유전능력										경진대회 지수**	순위***
		12개월체중		도체중		등심단면적		등지방두께		근내지방도			
		DGV*	순위	DGV	순위	DGV	순위	DGV	순위	DGV	순위		
1	002160847612	58.79	34	82.37	11	15.05	20	-2.93	359	1.59	919	3.36	3
2	002157014792	30.34	1,138	36.80	1,340	5.63	2,781	-1.98	1,854	1.69	677	1.95	388
3	002103945197	60.62	24	69.99	50	12.15	146	-1.04	5,721	-0.20	16,238	1.87	473
4	002106143529	48.74	124	59.59	163	8.53	870	-0.57	8,743	0.50	8,408	1.83	520
5	002104209824	21.15	2,537	43.06	778	11.09	250	-0.35	10,132	0.94	4,122	1.70	721
6	002112216235	15.91	3,855	29.35	2,325	6.90	1,738	0.68	16,142	1.71	630	1.54	1,044
7	002312001894	49.96	104	53.85	287	6.63	1,932	0.42	14,803	0.49	8,536	1.53	1,061
8	002121965006	12.50	4,868	13.49	6,201	5.17	3,304	-0.96	6,250	2.04	211	1.44	1,316
9	002143694335	4.00	8,400	24.92	3,174	4.12	4,760	0.05	12,659	1.67	710	1.40	1,427
10	002111177776	25.71	1,698	33.60	1,696	9.09	667	-0.15	11,401	0.85	4,925	1.34	1,606
11	002085561324	16.71	3,618	32.81	1,795	7.27	1,480	-0.55	8,875	0.90	4,480	1.34	1,607
12	002125534746	10.69	5,510	23.30	3,541	6.39	2,124	0.03	12,501	1.42	1,380	1.29	1,761
13	002112692998	22.41	2,295	32.15	1,892	6.12	2,341	-0.49	9,257	0.90	4,466	1.29	1,773
14	002118245704	44.24	230	52.92	314	9.05	678	-1.38	4,020	-0.54	18,945	1.23	1,989
15	002107513149	14.28	4,277	21.73	3,911	5.16	3,320	-2.07	1,635	0.80	5,380	1.12	2,453
16	002149312482	-10.87	16,171	9.87	7,434	2.77	7,048	2.35	20,755	2.32	74	1.09	2,592

순번	이력제 번호	유전체 유전능력										경진대회 지수**	순위***
		12개월체중		도체중		등심단면적		등지방두께		근내지방도			
		DGV*	순위	DGV	순위	DGV	순위	DGV	순위	DGV	순위		
17	002092642797	18.61	3,113	32.03	1,911	4.46	4,238	-1.79	2,397	0.33	10,340	1.09	2,614
18	002118243140	27.32	1,480	31.42	2,000	4.31	4,461	-2.09	1,582	0.24	11,304	1.05	2,760
19	002118436074	27.17	1,498	35.61	1,448	4.12	4,759	-1.48	3,601	0.11	12,880	1.02	2,925
20	002109197203	29.92	1,188	36.89	1,335	5.42	2,985	-0.71	7,754	0.09	13,033	1.00	3,016
21	002083547088	17.13	3,505	32.43	1,844	5.14	3,334	2.37	20,782	0.89	4,505	0.97	3,153
22	002111865411	-3.22	12,187	10.74	7,151	1.49	9,603	-0.86	6,819	1.20	2,345	0.83	4,026
23	002108925997	29.79	1,197	33.64	1,689	5.66	2,753	-0.35	10,163	-0.22	16,378	0.73	4,769
24	002149298955	-1.10	11,087	2.50	10,390	4.00	4,944	1.50	19,210	1.64	804	0.68	5,125
25	002147850492	7.98	6,607	10.03	7,387	6.32	2,181	0.67	16,100	0.90	4,492	0.63	5,515
26	002121841999	9.56	5,963	14.90	5,759	2.89	6,825	-0.89	6,646	0.33	10,361	0.53	6,348
27	002101380447	3.06	8,853	1.13	10,961	1.35	9,867	-1.68	2,770	0.34	10,177	0.24	9,086
28	002311768685	34.13	767	42.38	828	4.68	3,916	-0.65	8,173	-1.81	21,682	0.14	10,168
29	002304322486	3.42	8,677	15.50	5,562	-2.54	17,453	-0.23	10,872	-0.29	17,008	0.02	11,360
30	002310246779	1.47	9,701	4.25	9,650	4.50	4,175	-1.49	3,559	-0.47	18,410	-0.03	11,868
31	002089452806	-0.88	10,964	-5.62	13,862	0.49	11,709	-2.87	403	-0.08	14,983	-0.04	11,953
32	002301146007	-10.97	16,216	-3.45	12,930	2.71	7,139	0.46	15,025	0.25	11,199	-0.10	12,583
33	002091916757	-16.06	18,384	-16.99	18,127	-2.15	16,854	-0.96	6,215	0.87	4,744	-0.10	12,597

순번	이력제 번호	유전체 유전능력										경진대회 지수**	순위***
		12개월체중		도체중		등심단면적		등지방두께		근내지방도			
		DGV*	순위	DGV	순위	DGV	순위	DGV	순위	DGV	순위		
34	002091933276	-3.08	12,126	3.27	10,043	1.92	8,715	-0.63	8,295	-0.26	16,717	-0.10	12,615
35	002062374455	-0.14	10,549	3.73	9,851	0.15	12,436	0.50	15,239	-0.13	15,502	-0.19	13,539
36	002093695816	3.86	8,478	-1.18	11,987	-1.38	15,480	0.63	15,921	0.02	13,898	-0.29	14,451
37	002002969954	6.56	7,274	17.32	5,031	-0.62	14,041	2.98	21,313	-0.69	19,788	-0.42	15,717
38	002099935958	-9.52	15,579	-18.79	18,679	-3.46	18,700	-1.18	4,964	-0.04	14,562	-0.62	17,328
39	002105461021	-11.38	16,438	-14.95	17,509	-3.20	18,401	0.68	16,174	-0.16	15,841	-0.78	18,502
40	002071116916	-25.34	20,828	-33.43	21,215	0.84	10,943	-0.80	7,189	0.08	13,238	-0.84	18,937
41	002095552265	-12.39	16,919	-22.51	19,621	-3.32	18,544	0.51	15,291	-0.09	15,024	-0.91	19,291
42	002086087348	-7.26	14,346	-3.44	12,924	-2.02	16,646	1.32	18,675	-0.92	20,682	-0.91	19,332
43	002088793348	-27.40	21,076	-31.09	21,002	-0.09	12,952	-0.78	7,373	-0.26	16,791	-0.99	19,729
44	002063357841	-28.62	21,218	-40.65	21,558	-7.40	21,340	-0.36	10,071	0.13	12,684	-1.26	20,731
45	002077143867	-22.85	20,434	-24.52	20,039	-8.65	21,569	0.73	16,367	-0.68	19,762	-1.42	21,145

* DGV : direct genomic value

** 경진대회지수 : 2022년 전국한우경진대회 유전체 부문 시상에 활용된 선발지수

*** 순위 : 경상북도 축산기술연구소에서 보유하고 있는 한우 유전체 유전능력평가 개체 21,390두의 순위

별첨 6. 한우 공란우 내역

순번	이력제 번호	생년월일	계대	부	외조부	비고
1	00200296****	2007-03-12	4	KPN538	KPN209	
2	00205541****	2010-05-02	2	KPN641	KPN588	
3	00206237****	2011-01-11	2	KPN685	KPN379	
4	00206335****	2011-03-17	4	KPN668	KPN550	
5	00207011****	2011-07-04	3	KPN728	KPN506	
6	00207111****	2011-09-27	3	KPN641	KPN458	
7	00207714****	2012-03-27	2	KPN710	KPN450	
8	00230114****	2012-07-07	3	KPN685	KPN689	
9	00208151****	2012-07-11	2	KPN768	KPN642	
10	00230110****	2012-07-16	3	KPN695	KPN497	
11	00208354****	2013-01-13	3	KPN757	KPN642	
12	00230385****	2013-02-26	5	KPN768	KPN654	
13	00230385****	2013-03-04	2	KPN768	KPN606	
14	00230432****	2013-03-29	4	KPN710	KPN637	
15	00230466****	2013-04-09	5	KPN802	KPN506	
16	00208556****	2013-05-20	4	KPN758	KPN728	
17	00230536****	2013-05-26	5	KPN768	KPN677	
18	00208556****	2013-05-27	4	KPN828	KPN586	
19	00208608****	2013-06-20	2	KPN828	KPN493	
20	00208945****	2014-01-01	2	KPN802	KPN497	
21	00209018****	2014-02-12	2	KPN887	KPN666	
22	00208879****	2014-02-22	2	KPN881	KPN484	
23	00209191****	2014-05-05	3	KPN768	KPN622	
24	00209198****	2014-05-30	3	KPN783	KPN695	
25	00209254****	2014-06-15	3	KPN887	KPN763	
26	00209193****	2014-06-23	2	KPN829	KPN605	
27	00209264****	2014-07-11	4	KPN828	KPN750	

순번	이력제 번호	생년월일	계대	부	외조부	비고
28	00209369****	2014-10-05	2	KPN802	KPN612	
29	00209555****	2014-10-29	4	KPN828	KPN706	
30	00231024****	2014-12-28	4	KPN881	KPN685	
31	00209723****	2015-03-01	4	KPN757	KPN626	
32	00209077****	2015-04-23	7	KPN872	KPN626	
33	00209896****	2015-04-30	4	KPN896	KPN771	
34	00209993****	2015-06-25	8	KPN887	KPN689	
35	00210138****	2015-07-11	5	KPN920	KPN695	
36	00210150****	2015-09-14	3	KPN872	KPN757	
37	00210394****	2015-09-20	4	KPN950	KPN757	
38	00210383****	2015-11-05	6	KPN872	KPN685	
39	00231176****	2016-01-22	5	KPN872	KPN757	
40	00210420****	2016-02-11	3	KPN950	KPN626	
41	00210546****	2016-02-13	3	KPN918	KPN642	
42	00231200****	2016-02-21	2	KPN950	KPN289	
43	00231200****	2016-02-24	3	KPN950	KPN431	
44	00210750****	2016-02-29	6	KPN961	KPN768	
45	00210614****	2016-03-10	3	KPN950	KPN487	
46	00231200****	2016-03-14	3	KPN950	KPN431	
47	00231200****	2016-03-16	2	KPN950	KPN289	
48	00210512****	2016-04-02	8	KPN950	KPN757	
49	00210751****	2016-04-05	3	KPN944	KPN710	
50	00210723****	2016-04-07	5	KPN950	KPN538	
51	00210512****	2016-04-09	2	KPN872	KPN909	
52	00210918****	2016-05-01	7	KPN872	KPN730	
53	00210892****	2016-05-18	2	KPN950	KPN668	
54	00210905****	2016-05-20	2	KPN872	KPN695	
55	00211059****	2016-06-06	4	KPN950	KPN764	

순번	이력제 번호	생년월일	계대	부	외조부	비고
56	00210919****	2016-06-20	6	KPN872	KPN768	
57	00211121****	2016-09-01	3	KPN872	KPN789	
58	00211119****	2016-09-04	3	KPN950	KPN694	
59	00211117****	2016-09-17	3	KPN950	KPN694	
60	00211221****	2016-09-29	4	KPN1145	KPN758	
61	00211186****	2016-10-10	4	KPN1009	KPN750	
62	00211123****	2016-10-15	3	KPN950	KPN691	
63	00211269****	2016-10-31	9	KPN828	KPN695	
64	00211598****	2017-03-01	2	KPN1012	KPN887	
65	00211824****	2017-04-18	4	KPN1006	KPN887	
66	00211824****	2017-04-18	6	KPN1009	KPN923	
67	00211843****	2017-06-02	5	KPN999	KPN757	
68	00212184****	2017-07-26	3	KPN1009	KPN612	
69	00212196****	2017-10-18	3	KPN1064	KPN505	
70	00212553****	2018-03-16	3	KPN1002	KPN642	
71	00213239****	2018-08-15	3	KPN1069	KPN887	
72	00214369****	2019-08-26	3	KPN1203	KPN920	
73	00214929****	2020-02-26	5	KPN1281	KPN586	
74	00214931****	2020-03-02	5	KPN1047	KPN1145	
75	00214867****	2020-03-07	7	KPN1348	KPN757	
76	00214785****	2020-04-04	4	KPN1281	KPN1009	
77	00215701****	2020-09-08	4	KPN1283	KPN1064	
78	00216084****	2021-02-02	6	KPN1416	KPN1080	
79	00212433****	2017-11-28	4	KPN950	KPN757	

별첨 7. 공란우 혈연지수(PI) 육종가

(평가일 : 2023.02월 기준)

이력제 번호	12개월령체중	도체중	등심단면적	등지방두께	근내지방도
00212553****	6.941	15.239	6.195	-1.208	1.652
00211824****	18.648	22.935	5.030	-2.186	0.796
00211186****	11.710	17.415	4.749	-2.130	1.114
00211824****	13.210	17.061	6.038	-0.883	1.126
00212184****	15.975	21.382	6.309	-1.667	0.824
00211598****	7.764	17.048	7.840	-1.488	1.292
00214931****	4.924	13.901	6.345	0.189	1.007
00212196****	8.735	15.396	4.747	-0.038	1.727
00213239****	24.374	24.003	5.384	-1.291	0.329
00211221****	9.590	16.244	5.622	0.280	1.090
00214369****	40.343	53.521	8.035	-0.393	1.234
00214929****	19.875	25.661	6.450	1.255	1.509
00214785****	27.166	29.932	7.827	0.212	1.134
00215701****	29.967	47.013	9.145	0.183	1.619
00214867****	21.633	26.601	4.344	0.616	0.879
00216084****	41.700	59.594	15.246	-3.049	1.875
00200296****	-1.945	6.102	2.595	0.636	0.329
00205541****	-2.433	-10.956	2.225	-1.572	0.432
00207111****	-3.564	-7.196	2.088	-1.018	0.311
00206335****	-15.134	-13.902	-2.855	0.371	0.965
00206237****	5.049	10.864	0.468	0.729	0.199
00230114****	8.136	11.787	1.874	1.110	0.074
00230110****	11.279	12.987	3.410	-1.216	0.491
00207714****	5.271	13.627	0.324	0.673	0.530
00230432****	8.564	20.136	0.550	0.613	0.321

00207011****	15.131	18.564	6.084	0.141	-0.115
00208354****	24.063	37.382	8.360	0.923	0.986
00209723****	17.765	28.998	9.093	0.026	0.999
00208556****	2.750	4.678	6.104	-0.725	1.052
00208151****	3.401	10.992	3.323	-0.047	1.603
00230385****	-2.841	1.763	1.469	0.101	1.454
00230385****	1.238	0.860	0.692	0.568	1.403
00230536****	3.907	3.031	3.866	-0.140	1.400
00209191****	1.286	6.663	2.232	0.048	1.217
00209198****	6.478	10.175	5.482	0.265	0.759
00230466****	21.206	20.969	3.634	-0.805	-0.171
00208945****	14.835	14.773	3.533	-1.170	0.503
00209369****	16.612	17.454	2.338	-0.432	0.247
00208556****	10.927	20.684	6.619	-0.771	1.089
00208608****	10.950	16.228	4.528	-1.168	0.250
00209264****	8.792	15.206	3.736	-1.907	0.597
00209555****	15.693	21.247	6.325	-0.936	0.359
00211269****	16.759	22.097	5.949	-1.219	0.420
00209193****	6.949	12.058	2.528	-0.170	0.340
00209077****	31.781	44.215	8.460	-1.592	0.368
00210150****	45.037	57.356	8.348	-0.107	0.254
00210383****	37.868	50.007	6.495	-0.185	0.119
00231176****	45.037	57.356	8.348	-0.107	0.254
00210512****	47.892	56.143	7.521	-1.018	-0.259
00210918****	34.625	44.762	7.410	-1.081	0.260
00210905****	40.282	49.507	6.310	-0.695	0.075
00210919****	34.706	44.161	5.830	-0.592	0.563

00211121****	36.180	48.546	6.953	-0.591	0.247
00208879****	5.094	6.270	5.065	-1.415	-0.163
00231024****	-0.734	4.074	4.456	-0.733	0.273
00209018****	6.088	-0.687	3.152	-2.205	0.179
00209254****	5.248	2.650	3.387	-1.490	0.292
00209993****	8.036	1.206	1.900	-1.199	0.096
00209896****	19.876	22.097	5.669	-0.167	-0.075
00210546****	19.678	30.821	9.002	0.016	0.864
00210138****	20.549	22.451	4.454	-0.722	0.526
00210751****	19.438	35.940	7.203	-0.978	0.546
00210394****	49.976	64.566	14.275	-1.048	1.164
00210420****	36.720	51.424	14.386	-2.533	1.277
00231200****	36.286	47.387	10.118	-1.673	0.429
00231200****	41.678	51.274	11.279	-1.653	0.852
00210614****	40.800	51.951	10.160	-0.753	0.721
00231200****	41.678	51.274	11.279	-1.653	0.852
00231200****	36.286	47.387	10.118	-1.673	0.429
00210512****	49.976	64.566	14.275	-1.048	1.164
00210723****	41.499	56.201	12.686	-0.994	1.125
00210892****	33.551	44.946	10.157	-1.335	1.252
00211059****	36.990	46.682	10.793	-1.970	0.649
00211119****	34.788	44.418	10.270	-1.628	1.024
00211117****	34.788	44.418	10.270	-1.628	1.024
00211123****	47.966	58.104	10.980	-1.437	0.994
00212433****	59.453	75.779	16.921	-2.327	1.303
00210750****	-1.129	7.194	4.508	-0.664	1.352
00211843****	19.418	29.372	7.522	-0.324	1.251

한우자조금 OPU 수정란 생산사업 추진계획(안)

■ 사업목적

- 지역별 우량한 암소 난자를 활용한 수정란 이식을 통해 한우 생산성 증대 및 품질고급화 촉진으로 조합 및 농가 소득 증대
- 다수의 수란우를 대상으로 신속하고 체계적인 개량이 가능함으로써 해당 지역 한우의 특수성을 확보하고 대외 경쟁력 강화

■ 사업계획

- 사업기간 : 20**년 1월 ~ 12월
- 사업내용
 - 공란우 사육농가 직접방문 OPU기법으로 생산된 신선란 또는 동결-융해된 수정란을 관할지역 한우농가에 이식가능한 상태로 제공
 - 공란우 및 수란우 사양관리(문제점 및 해결방안) 현장컨설팅 실시
- 예산계획(예시)

(단위 : 천원)

구 분	사업량	사업비		비 고
		단가	계	
계			64,000	
수정란 생산	200개	200	40,000	방역물품비 포함
공란우 발정동기화	30두	100	3,000	두수 및 반복수 조정가능
정액구입	30개	10	300	보유정액 일부 기탁 가능
기타경비	-	-	2,700	출장비, 회의비, 농가컨설팅비 등
사업수당	5명	300	18,000	300 * 12개월 * 5명

- 예산기준
 - 수정란 생산비 : 200천원/개
 - 공란우 호르몬처리비(발정동기화)
 - 농가방문 OPU 기법 : 500천원/두(30회 난자 채취 · 수정란 생산)
 - 정액구입 : 300천원/30두
 - 기타경비 : 출장(현장방문), 회의비, 농가컨설팅비, 성과금 등

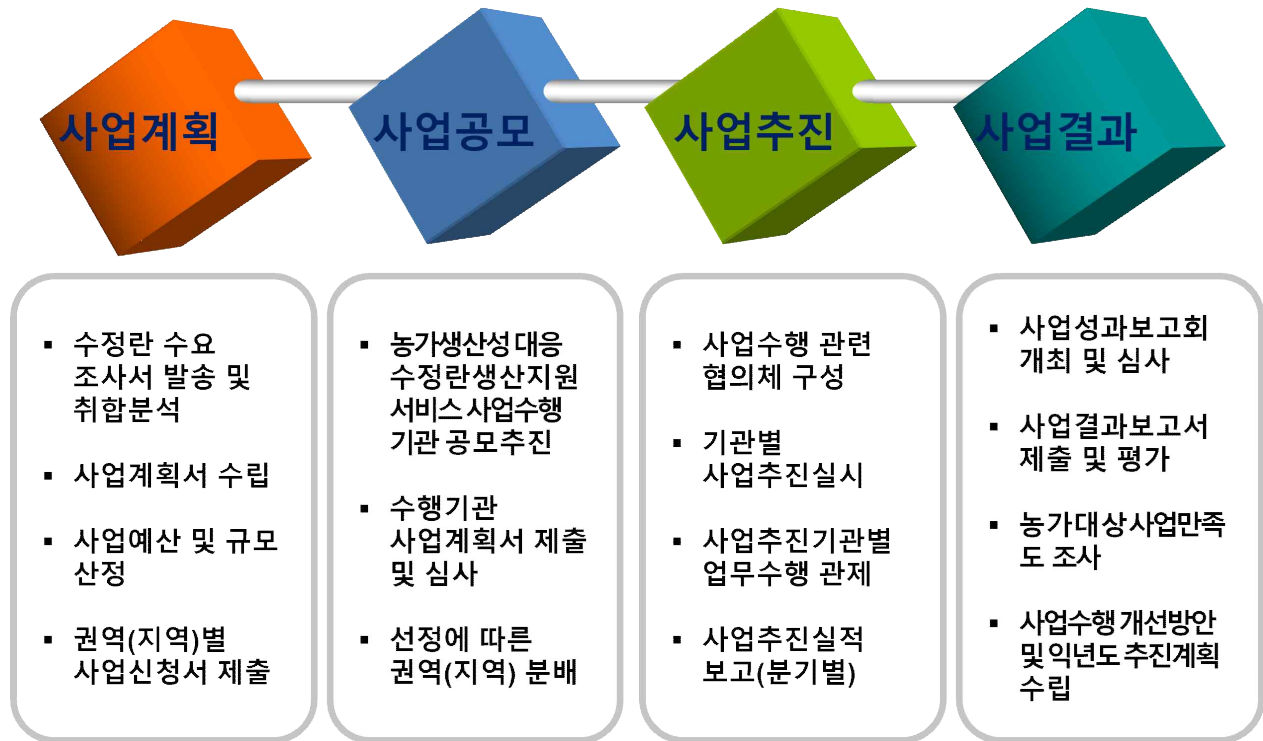
추진요령

- 원활한 사업추진을 위해 경상북도축산기술연구소, 수정란 이식 시술자, 관할지역 사업비 발주기관 또는 단체로 이루어진 협의체 구성·운영
- 공란우 선정
 - 관내 우량 암소 중 후보 공란우 추천, 협의체 공동 심사 선발
 - 공란우 난소, 5대 질병(구제역, 브루셀라, 결핵, 요네병, 류코시스) 검사 확행
- OPU 수정란 생산 및 현장컨설팅 : 경상북도축산기술연구소
 - 공동 심사 선발한 공란우 이용 OPU 방식 생산 수정란 공급
 - 수정란 생산을 위한 현장 방문시 공란우 및 수란우 사양관리 컨설팅 추가
- 수정란 이식 : 발주기관 또는 단체, 축산기술연구소와 협의하여 시술자 선정
 - 사업 결과 수태율 저조 시술자(40%미만)는 익년도 사업대상에서 제외
 - ※ 이식비는 본 사업의 예산에는 포함되지 않음
- 수정란 이식 대상농가 선정
 - 수정란 이식 희망농가의 신청에 대하여 수란우 관리 상태, 농가 관심도 등을 종합 검토 후 시술자가 수정란 이식 농장으로 선발
 - 농가별 최소 8두 이상 수란우 선정하여 사업추진 효과 증대
 - 공란우 제공농가 우선 선정
- 생산 송아지 혈통등록, 어미소(공란우)와 친자확인 실시-관할지역축협 협조
- 관할지역의 번식기반 조성을 위하여 수정란 이식으로 태어난 암소는 30개월까지 자가 사육 원칙(불가피할 경우 관내 사육농가에 판매)
- 수정란 이식 실적(수태, 분만 등)부터 향후 생산 송아지 실태(소유 여부, 도축성적 등) 조사 보고 - 이식시술자 및 경상북도축산기술연구소

추진 일정

- 협의체 구성·운영 : **년 1월
- 공란우 선정 : **년 1월~2월
- 사업 대상자 선정 : **년 2월
- 수정란 생산 및 이식 : **년 3월 ~ 10월(혹서기-7,8월 혹한기 제외)
- 수태(분만)율 조사, 생산 송아지 친자확인·혈통등록 : **년~

추진 체계



본 보고서에 대한 지적재산권은 한우자조금관리위원회에 있으며, 본 연구결과 및 내용의 일부 또는 전부를 인용하는 경우에는 한우자조금관리위원회 자료 인용에 대한 내용을 명기한 경우에만 사전 승인 없이 무상으로 인용할 수 있음