

122003-
2

암소
번식장애
개선을
위한
수소
특이
페로몬
제제
개발

최
종
보
고
서

2023

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개() 발간등록번호(O)
가축질병대응기술고도화지원사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004665-01

암소 번식장애 개선을 위한 수소 특이 페로몬 제제 개발

2024.06.19.

주관연구기관 / 경북대학교
공동연구기관 / 우진비앤지(주)

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “암소 번식장애 개선을 위한 수소 특이 페로몬 제제 개발”(개발기간 : 2022. 4. ~ 2023. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

납본일자 2024.06.19.

주관연구기관명 : 경북대학교 산학협력단

공성호



공동연구기관명 : 우진비앤지(주)

강석진



주관연구책임자 : 윤민중


공동연구책임자 : 김민주

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	가축질병대응 기술 고도화 지원			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)	개발성과 현장보급 기술			연구개발과제번호		122003-2	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0710	50%	LB0604	30%	LB0706	20%
	농림식품 과학기술분류	RB0201	40%	AB0103	30%	AB0203	30%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명	암소 번식장애 개선을 위한 수소 특이 페로몬 제제 개발						
전체 연구개발기간	2022.04.01 - 2023.12.31(1년 9개월)						
총 연구개발비	총 850,000천원 (정부지원연구개발비: 700,000천원, 기관부담연구개발비: 150,000천원)						
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							

연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ■ 암소의 번식장애 개선을 위한 수소 향 방향제 제제 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 최종 연구개발 성과물: 완제품 ○ 암소 분만 후 발정재귀 기간: 분만 후 60일 이내 발정재귀율 90% (현재 47.5%) ○ 암소 미약발정 발생률: 미약발정 발생률 2% 이내(현재 약 10%) ○ 수소 향 방향제를 이용한 암소 번식장애 개선 기술 2건 라이선싱 ○ 수소 향 방향제 관련 기술 상품화를 통한 매출액: 연구종료 후 3년 이내 100억 원
	전체 내용	<p style="text-align: center;">암소 번식 효율성 제고를 위한 친환경동물복지 기반 페로몬 제제의 개발</p>  <p style="text-align: center;">146억 비용 (한우, 젖소 가임암소 두수 53%, 페로몬 제제 12,500원/1두)</p> <p style="text-align: center;">수소 페로몬</p> <p style="text-align: center;">번식장애 개선 발정재귀 지연 방지 미약발정, 무발정 개선 및 수태율 향상</p> <p style="text-align: center;">공태기 최소화</p> <p style="text-align: center;">경제적 한우연젖소연 총 12</p>

		<ul style="list-style-type: none"> 최종 성과물: 완제품(제품 생산단계) 첫 발정재귀 평균 14일 촉진 강한 발정행동 관찰율 59% 개선 1회 인공수정 시 수태율 21% 개선 평균 인공수정 횟수 0.2회 감소 농림식품부 신기술 인증, KCL 안전확인대상생활화학제품, 안전 기준적합 확인 제품 수소 향 방향제 관련 기술 1건 특허 등록, 2건 특허 출원(국내 외)
1차년도	목표	<ul style="list-style-type: none"> 암소 번식장애 개선을 위한 수소 향 방향제의 최적 사용 농도 및 처리 방식 확립 수소 향 방향제 처치에 따른 암소의 스트레스 반응 확인 및 부작용 발생 여부 확인 발정 측정 시스템을 활용한 발정재귀 기간, 미약발정 발생률 데이터 모니터링 시스템 구축
	내용	<ul style="list-style-type: none"> 수소의 부재로 인해 발생하는 암소의 분만 후 첫 발정재귀 지연, 미약발정 발생, 불안정한 발정주기를 개선할 수 있는 수소 향 방향제 개발 90여두 한우암소를 대상으로 번식장애 개선을 위한 적정 처리 농도 및 방식, 기간 정립 수소 향 방향제 처리에 의한 암소의 스트레스 반응 확인 수소 향 방향제 처리에 의한 암소 부작용 발생 여부 확인 빅데이터 기반 암소한우 분만 후 발정재귀 기간, 미약발정 발생 모니터링 시스템 확립 빅데이터 기반 암소한우 번식성공을 위한 평균 인공수정 횟수 산출 시스템 확립
2차년도	목표	<ul style="list-style-type: none"> 빅데이터 기반 수소 향 방향제의 암소 분만 후 발정재귀 촉진, 미약발정 발생방지, 번식효율성 제고 효과 실증평가 분석 수소 향 방향제 처치에 따른 암소 내분비계 변화 양상 확인(메카니즘 규명) 빅데이터 모니터링 시스템을 활용하여 수소 향 방향제의 한우암소 번식장애 개선 효과 검증 및 사업화 진행
	내용	<ul style="list-style-type: none"> 한우 번식 농가 중 희망 농가를 대상으로 본 연구 개발 제품을 활용한 발정효율성 확인(아래 항목) <ul style="list-style-type: none"> 1) 무발정 및 미약발정 두수 비교 2) 분만 후 발정재귀 시기 비교 3) 수정 성공 시까지 인공수정 횟수 비교 수소 향 방향제의 암소 번식장애 해소 작용 메카니즘 검증 수소 향 방향제의 유효 사용 방식 확립 실증실험 결과에 따른 상품화 전략 수립 수소 향 방향제 대량생산 시스템 구축

연구개발성과	학술발표 : 1건 특허등록 : 1건 특허출원 : 2건 기술이전 : 1건 / 기술료 : 100,000 천원 제품화 : 1건 고용창출 : 1명
--------	--

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한우 농가 보급을 통한 번식장애 개선 및 번식 효율성 제고 <ul style="list-style-type: none"> • 빅데이터를 기반으로 암소의 미약발정과 무발정 및 발정기간 단축 기간을 모니터링하여 수소 향 방향제의 객관적인 효용성 확보 • 분만 후 발정재귀일을 40일 내로 앞당겨 1산/1년의 번식 사이클 유도를 통한 공태기간 최소화 가능성 확인 ○ 젖소 농가 보급을 통한 젖소 번식장애 개선 및 번식 효율성 제고 <ul style="list-style-type: none"> • 수소 향 방향제를 이용하여 생산능력과 번식형질의 음의 상관관계를 최소화를 통한 고능력 젖소의 번식 효율성 증대 효과 확인 • 젖소의 우유생산 능력 개량을 통한 국내 낙농가의 원유 경쟁력 향상 • 원유 가격의 안정화를 통해 국산 유제품의 국내 점유율 증대 ○ 소 복지 향상 <ul style="list-style-type: none"> • 기존 GnRH 주사제를 수소 향 방향제로 대체하여 주사로 인한 스트레스 문제 해결 • 또한, 휴약기간에 불가피하게 도축 시 식육 내 잔류 호르몬 문제 해결 ○ 4차산업혁명기술을 활용한 국내외 소 생산성 향상 견인 <ul style="list-style-type: none"> • IT기술인 소 발정탐지기술과 BT기술인 수소 향 방향제 활용 기술을 융합한 신기술 개발 및 적용
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경제·산업적 기대효과 및 파급효과 <ul style="list-style-type: none"> • 수소 향 방향제를 이용해 한우 암소 및 젖소의 번식장애를 개선하여 공태기간 최소화 • 공태기간을 최소화하여 생산비 절감을 통해 쇠고기 및 유제품 수급 및 축산물 가격 안정화 • 국내 보급 시 연 약 1,130억 원 매출 달성 가능 • 해외 보급 시 연 약 2조 7천억 원(미국 기준) 매출 달성 가능

연구개발성과의 비공개여부 및 사유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해당 연구과제 결과를 통해 개발된 기술은 신기술 인증을 획득하였으며, 혁신적인 기술이기에 기술 유출이 우려됨. ○ 현재 해외 특허 등록이 진행 중이며, 특허 등록이 완료될 때까지 국가적인 차원에서 과제 결과에 대한 보안이 필요함.
-----------------------	---

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화학물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
		3	1	6								

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호
	동방전기	교반기 배관	GW28MM	2	2023-10-13	416	0507-1342-6716	경북대학교 실험실공장 (미래창의실험실)	
	에이든건 축설비	추가 판넬 자재	진넬,피스 등	1	2023-09-12	2,288	010-3020-7660	경북대학교 실험실공장 (미래창의실험실)	
	디팩	소형 삼면포장기	잉크젯마킹 기	1	2023-08-01	10,780	054-433-5325	경북대학교 실험실공장 (미래창의실험실)	
	삼성종합 닥트	스테인 후드	2000*800 *400	1	2023-07-06	3,190	010-6612-5628	경북대학교 실험실공장 (미래창의실험실)	
에이든건 축설비	판넬	75T	1	2023-07-06	2,618	010-3020-7660	경북대학교 실험실공장 (미래창의실험실)		

국문핵심어 (5개 이내)	한우	젖소	수소 향	수소 효과	번식효율
영문핵심어 (5개 이내)	Hanwoo	dairy cattle	bull scent	bull effect	breeding efficiency

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도
5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

최종보고서							보안등급				
							일반[√], 보안[]				
중앙행정기관명	농림축산식품부			사업명	사업명		가축질병대응기술고도화지원사업				
전문기관명					내역사업명		개발성과 현장보급 기술				
공고번호				총괄연구개발 식별번호							
				연구개발과제번호		122003-2					
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB0710	50%	LB0604	30%	LB0706	20%				
	농림식품과학기술분류	RB0201	40%	AB0103	30%	AB0203	30%				
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문									
		영문									
연구개발과제명		국문	암소 번식장애 개선을 위한 수소 특이 페로몬 제제 개발								
		영문	Development of bull specific pheromone based treatment for infertile cows								
주관연구개발기관		기관명	경북대학교 산학협력단		사업자등록번호		504-82-09678				
		주소	(우)경북 상주시 경상대로 2559		법인등록번호						
연구책임자		성명	윤민중		직위		교수				
		연락처	직장전화	054-530-1233		휴대전화		010-5285-9850			
			전자우편	mjyoonemail@gmail.com		국가연구자번호		10694790			
연구개발기간		전체	2022. 04. 01 - 2023. 12. 31.(1년 9개월)								
		단계	1단계	2022. 04. 01 - 2023. 12. 31.(1년 9개월)							
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금		합계			연구개발비 외 지원금	
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계		
총계		700,000	14,000	136,000				714,000	136,000	850,000	
1단계	1년차	300,000	6,000	58,000				306,000	58,000	364,000	
	2년차	400,000	8,000	78,000				408,000	78,000	486,000	
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자		직위	휴대전화	전자우편	비고			
								역할	기관유형		
공동연구개발기관		우진비앤지(주)	김민주		부장	010-2691-1342	dasal235@gmail.com				
연구개발담당자 실무담당자		성명	김준영		직위		대학원생				
		연락처	직장전화	054-530-1233		휴대전화		010-6776-2151			
			전자우편	cpm_911@naver.com		국가연구자번호		11350485			

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024년 2월 28일

연구책임자: 윤민중 (인)

주관연구개발기관의 장: 공성호 (직인)

공동연구개발기관의 장: 강석진 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

1. 연구개발과제의 개요

□ 연구배경

1) 한우 및 젓소 생산비 절감 기술 개발 필요

○ 한우 생산비 절감 기술 개발 필요

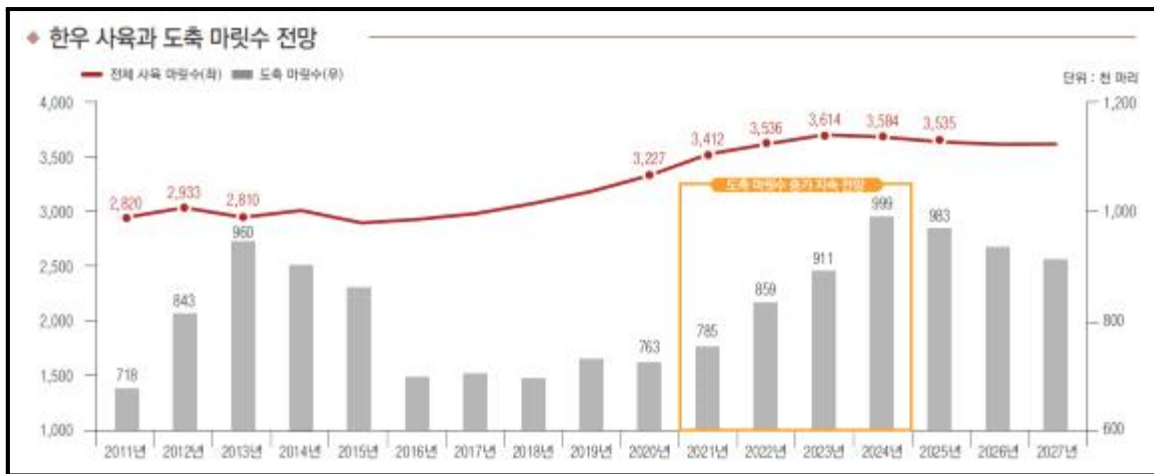
○ 지난 2016년을 기점으로 한우 가격이 지속적으로 상승하며 덩달아 사육두수도 증가하여 현재 등급별 도매가격과 생산두수 모두 최고치를 경신하는 중임.

- 한우 사육 두수는 2022년 12월, 353만 마리 초과 전망

- 가임암소 증가에 따른 송아지 입식 확대로 1세 미만 사육 두수의 증가 지속이 주원인

* 가임암소: (2019) 148만 → (2020) 155만 → (2021) 163만 → (2022.12) 171만 마리

* 1세 미만: (2019) 91만 → (2020) 96만 → (2021) 100만 → (2022.12) 103만 마리



자료: 통계청, 농업관측센터 전망치(2021)

[그래프 1-1] 한우 사육과 도축 두수 전망

○ 코로나 19 상황에도 불구하고 사육 및 도축 두수 증가에도 수요 지속 등의 영향으로 높은 가격대가 유지되고 있는 상황이며, 단계적 일상 회복이 진행되면서 축산물 수요 감소가 이루어질 경우 **중장기적으로 심각한 과잉으로 인한 가격 하락이 우려**되므로 한우 농가의 경영안정화를 위해 **두당 생산비 절감을 위한 기술 개발이 필요**함.

○ 암소 번식장에 개선(공태기간 단축)을 통해 생산비 및 경영비 절감 기술 개발 필요

□ 사료비 상승에 따른 경영비 증가

○ 2020년에 발표된 연구 결과에 따르면, 우리나라 한우 농가의 경영비(Operating costs)에서 사료비(Feed costs)의 비중은 2005년 31.8%에서 2018년 40.6%로 증가함.

○ 사료비의 비중이 2010년 이후 40.6~48.8%로 매우 높게 유지되고 있는데 반해, 두당 소득은 2016년 1,962천원에서 2018년 1,088천원으로 감소하였음.

○ 조수익(Gross receipts)에서 생산비(Production costs)를 차감한 순수익(Net profit)

은 2016년 988천원이었으나 2017년 133천원으로 크게 감소한 이후 2018년에는 57천원의 순손실이 발생하여 경영수지가 악화됨.

[표 1-1] 연도별 한우농가의 경영비 및 수익 현황

(단위: 천원)

Item	2005	2010	2015	2016	2017	2018
조수익(A)	5,260	6,806	7,183	8,458	7,805	8,350
경영비(B)	3,943	4,858	5,887	6,496	6,629	7,262
- 가축비	2,385	2,076	2,332	2,885	2,958	3,424
- 사료비(b)	1,255	2,284	2,875	2,857	2,830	2,948
비율(% , b/B)	(31.8)	(47.0)	(48.8)	(44.0)	(42.7)	(40.6)
· 농후사료	989	1,613	1,861	1,924	1,855	1,876
· 조사료	227	391	396	386	387	519
· TMR사료	39	280	618	547	588	553
생산비(C)	4,867	6,067	6,868	7,470	7,672	8,406
수익(A-B)	1,317	1,948	1,296	1,962	1,176	1,088
순수익(A-C)	392	739	316	988	133	-57

자료: 채용우, 윤진우, 김성섭.(2020).한우 비육우 사육기간 단축기술에 대한 경제성 분석.한국산학기술학회논문지.21(11):833-842.

2) 암소의 번식장애 발생률 증가 요인 및 해결 방안

○ 한우 및 젖소 암소 번식장애 발생률 증가

- 최근 한우 및 젖소 사육농가는 암소의 분만 후 발정재귀 지연, 미약발정 빈도 증가, 암소의 불규칙한 발정기간 등 암소의 번식장애로 인한 생산성 저하로 어려움을 겪고 있음.
- 암소는 분만 후 40일 이내 발정이 재귀되고 분만 후 60일 이내 두 번째 발정이 나타나면 공태기간을 최소화 할 수 있음.
- 하지만 2018년 한우 전용 발정탐지기(상품명 W-Tag®)를 통해 343두를 대상으로 번식우의 번식실태 평가 및 분석 연구 결과에 따르면 실제 농가에서 발정재귀를 60일 이내 시작한 개체는 총 162두로 전체 두수의 47%에 불과함.

[표 1-2] 발정재귀일별 개체수와 비율


발정재귀일	개체수(두)	비율(%)
30일 이하	25	7.5
30일~60일	137	40.0
60일~90일	120	35.0
90일 이상	61	18.0

- 또한, 미약발정의 빈번한 발생으로 수정 적기 판단의 어려움이 가중되고 불규칙적인 발정기간으로 인해 한 번 인공수정 시도 시 수정 성공률은 65%에 불과함.

[표 1-3] 수정 횟수별 수정율

수정횟수	개체수(두)	수정율(%)
1	223	65.0
2	82	24.0
3 이상	38	11.0

- 암소의 분만 후 발정재귀가 지연 및 수정 성공률 저하로 인해 공태기간이 연장됨.
- 수정이 연속적으로 실패할 경우 번식우로 사용하지 못하고 도축하는 경우가 발생함.
- 이러한 압축의 번식장애는 결국 사육 농가의 경제적 부담이 되고 있음.
- 미약발정의 경우 고능력우에서 많이 나타나며, 발정이 왔을 때 그 강도가 굉장히 미약하여 수정 적기를 놓치게 되는 문제가 발생함.
- 이러한 문제를 해결하기 위해 대다수의 농가에서는 합성 GnRH 제제를 주사하여 암소의 발정을 유도하지만 지속적인 사용으로 인한 내성 발생으로 지속적으로 1회 주입량을 높이고 있는 상황임.
- 이 밖에도 지속적이고 무분별한 호르몬 제제 주사는 가축에게 스트레스 요인으로 작용함.
- 또한 가축 사육자의 노동력 가중 및 주사 시 작업자의 안전을 위협하는 위험 요소로 작용함.
- 또한 최종적으로 식품으로 사용되는 가축에게 사용되는 주사제제는 소비자의 선호도를 낮출 뿐만 아니라 휴약기간 동안 체내 잔류하여 육류 섭취 시 문제를 야기할 수 있어 이를 대체할 수 있는 기술 개발이 필요한 상황임.

	<ul style="list-style-type: none"> • 수회 주사 시, 주사로 인한 <u>스트레스 발생</u> • 휴약기간동안 도축으로 인한 <u>식육 내 호르몬제 잔류 위험</u> 有 • 수정 적기를 놓치면 <u>인공수정 성공률 ↓</u>
<p>병(10ml) 당 25,000원</p>	

[그림 1-1] GnRH 제제의 약점

- 주사제를 사용하여 발정이 유도 되더라도 수정 적기를 놓치는 경우가 많아 실제로는 인공수정 성공률이 이상적으로 높여주진 않는 문제점이 있음.
- 최근 ICT기술로 개발/보급된 발정탐지기술과 접목 시 이러한 번식장애를 제대로 극복할 수 있으므로 IT와 BT가 결합된 새로운 암소 번식장애 클리닉 시스템 적용이 필요함.

○ 수소 함은 정상적인 암소 발정기작에 필수 요소

- 지난 2008년 미국에서는 암소무리(n=60)와 수소 한 마리를 함께 방목 시 암소의 발정사이클에 미치는 영향(효과)을 확인하는 실험 결과에 따르면
 - 암소만 방목한 그룹(대조군)와 비교해 수소(성행위 O, 생식능력 X)와 함께 방목한 암소 그룹(실험군)의 경우 **분만 후 발정재귀(ICR)시점과 발정행동(ICE)을 보인 시점이 20일 이상 촉진** 된 것으로 나타남.
- 본 연구 결과는 **수소에서 분비되는 수소 함은 정상적인 암소의 발정기작에 필수적**인 요인임을 증명함.

[표 1-4] 수소 효과를 밝힌 해외논문 자료

Group	N	ICR		ICE	
		LSM + SE (d)	N	LSM + SE (d)	N
A (Bio)*	10	39.7 ± 4.5 ^a	29	45.1 ± 2.5 ^f	
B (Bio)*	10	36.3 ± 5.0 ^{ab}	30	41.7 ± 2.5 ^f	
C (Control)	10	51.0 ± 4.5 ^c	24	59.9 ± 2.5 ^g	
Treat (Bio)*	20	38.1 ± 3.4 ^d	59	38.1 ± 3.4 ^h	
Control	10	51.0 ± 4.4 ^e	24	59.9 ± 2.5 ⁱ	

출처: Landaeta-Hernández, et al. (2008).

- 이뿐 아니라, 수소 함은 번식장애의 큰 요인 중 하나로 대두되는 **미약발정 또는 무발정의 경우에도 수소효과를 이용하여 해결**할 수 있을 것으로 보여짐.
- 해당 연구 결과, 수소효과를 경험한 실험군에서는 무발정을 보인 개체가 1마리로 전체의 1.7%(총 60두 중 1두)에 불과했으나, 대조군의 경우에는 무발정을 보인 개체가 20%(총 30두 중 6두)에 이르는 결과를 보임.
- 이러한 연구결과를 통하여, **수소 함은 암소의 번식장애를 해결할 수 있는 실마리를 제공함.**

[표 1-5] 그룹별 발정주기 유형 및 무발정 두수

Type of Cycle	n (%)*		
	Group A ¹	Group B ¹	Group C (control)
Normal (18-24 d)	16 (53%) ^a	16 (53%) ^a	8 (26.6%) ^b
Short (< 17 d)	8 (26.6%)	5 (16.6%)	3 (10%)
Long (≥ 25 d)	3 (10%)	5 (16.6%)	5 (16.6%)
Anestrus	1 (3%)	-	6 (20%)
No 2nd estrus**	2 (7%)	4 (13%)	8 (26.6%)

출처: Landaeta-Hernández, et al. (2008).

- 국내 한우 및 젖소 암소는 **인공수정기술 보급으로 인해 수소 부재한 사양환경에서 사육되고 있음.**
- 최근 국내 소 사육농가에 주로 발생하고 있는 **대표적인 번식장애인 분만 후 발정재귀 지연 및 미약발정**은 이러한 **수소가 없는 사양환경에 의해 기인**한다고 판단됨.
- 하지만 현재 사양환경에서 수소를 암소사에 함께 사육하는 것은 불가능함.
- 이러한 번식장애는 **농가의 수익 감소에 직접적인 원인이 되므로 이에 대한 대책이 시급함.**

3) 암소의 번식장애 해결 방안

- 수소 부재로 인한 암소 번식장애로 기인한 수태율 저하 문제를 해결할 수 있는 획기적 방안
 - 현재 국가의 가축자원개발전략으로 인해 자연교배 보다는 인공수정기법이 주로 사용되고 있어 한우나 젖소사육 농가에 수소가 없는 상황임.
 - 또한 암소의 번식장애 개선을 위해 수소를 암소사에 합사하는 것은 불가능한 해결방안임.
 - 수소 향을 함유하는 분변이나 뇨를 암소사 주변에 비치하는 방법도 가능하지만 관리를 위해 많은 노동력이 소요될 뿐만 아니라 구제역, 브루셀라 등 전염병이 발생할 수 있음.
 - 수소의 기능을 대신할 수 있는 물질을 개발하고 이를 암소에 처치할 경우 수소 부재로 인한 암소 발정사이클 비정상화 및 분만 후 발정재귀 지연 등의 문제를 해결할 수 있을 것으로 사료됨.
 - 수소의 기능을 대신하는 물질은 주사방법이 아닌 비접촉식 처치 방식으로 할 경우 현재 사용되고 있는 주사제 투여 방식보다 조건을 더욱 충족할 수 있을 것임.
 - 그러므로 암소의 발정장애를 해결할 수 있는 친환경 동물복지에 입각한 처치방법의 개발이 절실히 필요한 상황임.

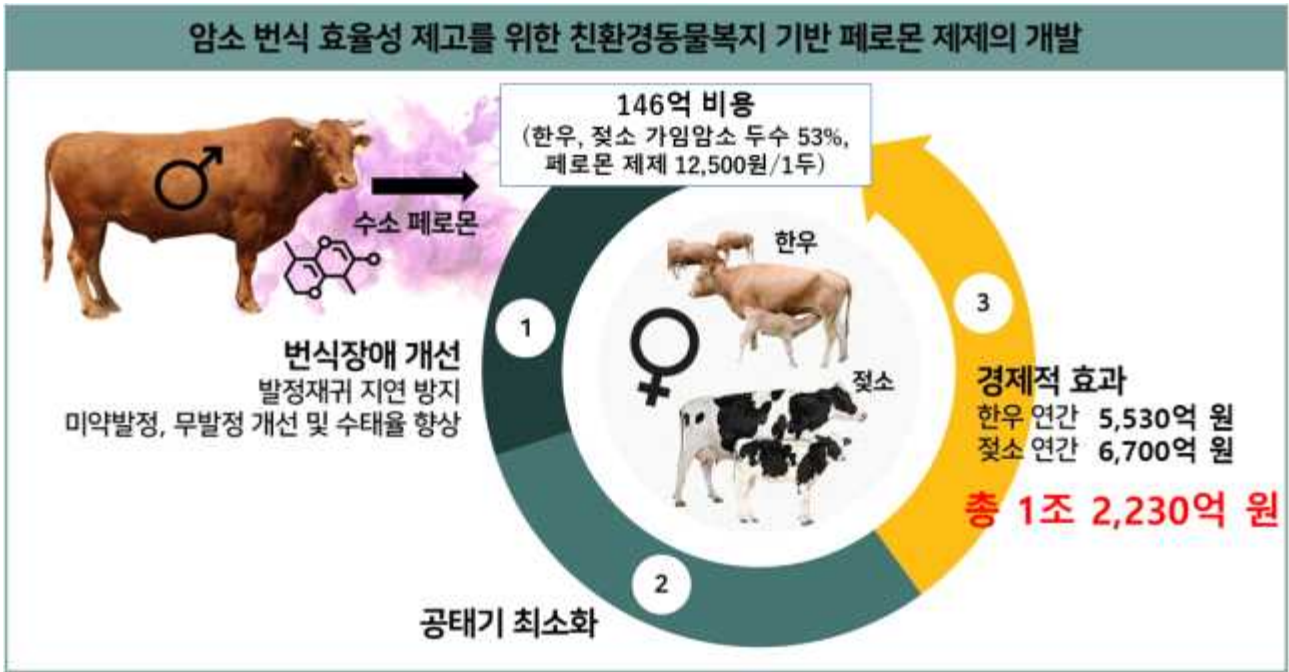
4) 암소의 번식장애 해결을 통한 경제적 효과 기대

- 한우 암소의 공태기 최소화를 통한 경제적 효과 기대

[표 1-6] 사업화에 따른 기대효과(한우)

	100두 사육 농가 기준 계산식	가임암소 100두 사육농가 기준	가임암소 1,900,000두 전국규모 기준
송아지 추가 생산 가능	[번식장애로 인해 공태기간이60일이상인개체는 53%] (전국번식우개체수)×(60일이상비율)× (개선공태일30일)/(송아지임신기간) (100×0.53×30)/280=5.7	6마리 350만원/송아지 약 2100만원 소득	107,892마리 350만원/송아지 약 3776억 소득
사료절감	1달 한 두 사료비용=103,000원 100두×0.53%×30일×(1달 사료비) = (100×0.53×103,000원/두)	545만 원/년	103억 원/년
수정비 절감	100×0.53×50,000(수정비) 2,650,000의 비용절감	265만 원/년	50억 원/년
총 소득 증대	송아지 추가 생산 + 사료 및 수정비절감	2,910만 원/년	5,530억 원/년

□ 연구목표



[그림 1-2] 수소 향 방향제 개발을 통한 목표

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

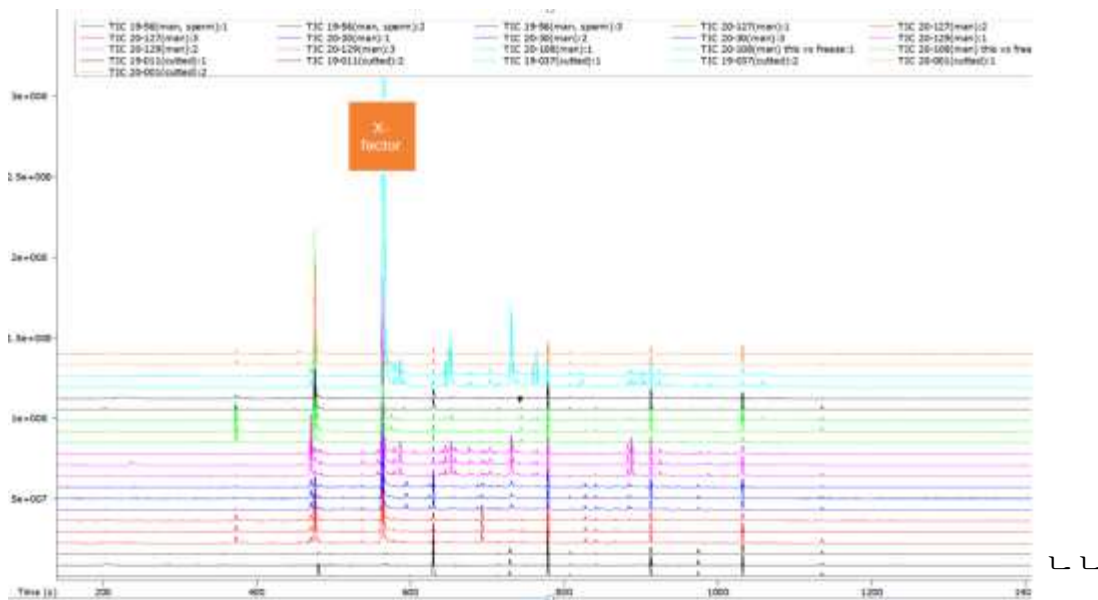
1) 수소 특이 향 검출

- 본 연구팀은 약 20년 동안 지속적으로 증가하고 있는 암소 번식장애의 원인을 인공수정기술 보급으로 인한 ‘수소의 부재’로 규정하고, 수소 특이 향을 확보하는 데 성공함.
- GC/MS 분석을 통한 수소 및 거세우의 정수리, 머리털, 대분, 소변에서 발생하는 휘발성 물질 비교

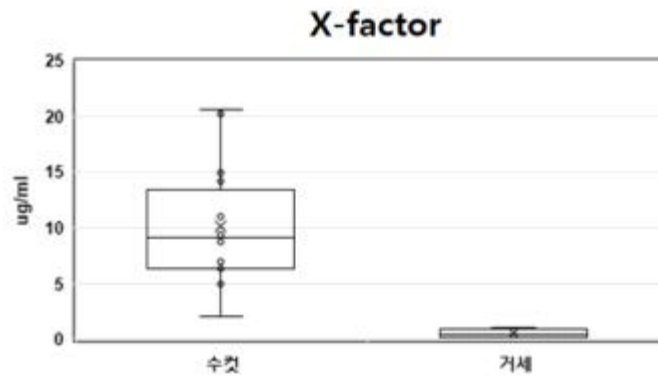


[그림 2-1] 수소의 정수리 및 소변에서 샘플 채취

- 소변 추출 후, Solid Phase Microextraction (SPME) 분석을 통한 성분 검사 실시 후 수소의 뇨에서만 특이적으로 분비되는 물질 검출 (X-factor)



[그래프 2-1] 수소 소변 SPME 분석결과1



[그래프 2-2] 수소 소변 SPME 분석결과2

2) 수소 향 방향제 적정 부착 방식 확립

○ 목줄 종류

- 요가줄, 가방끈 등으로 제작한 목줄의 경우, 일정시간이 지나면 끊어지는 문제가 발생함.



[그림 2-2] 여러 종류의 목줄에 수소 향 방향제를 장착

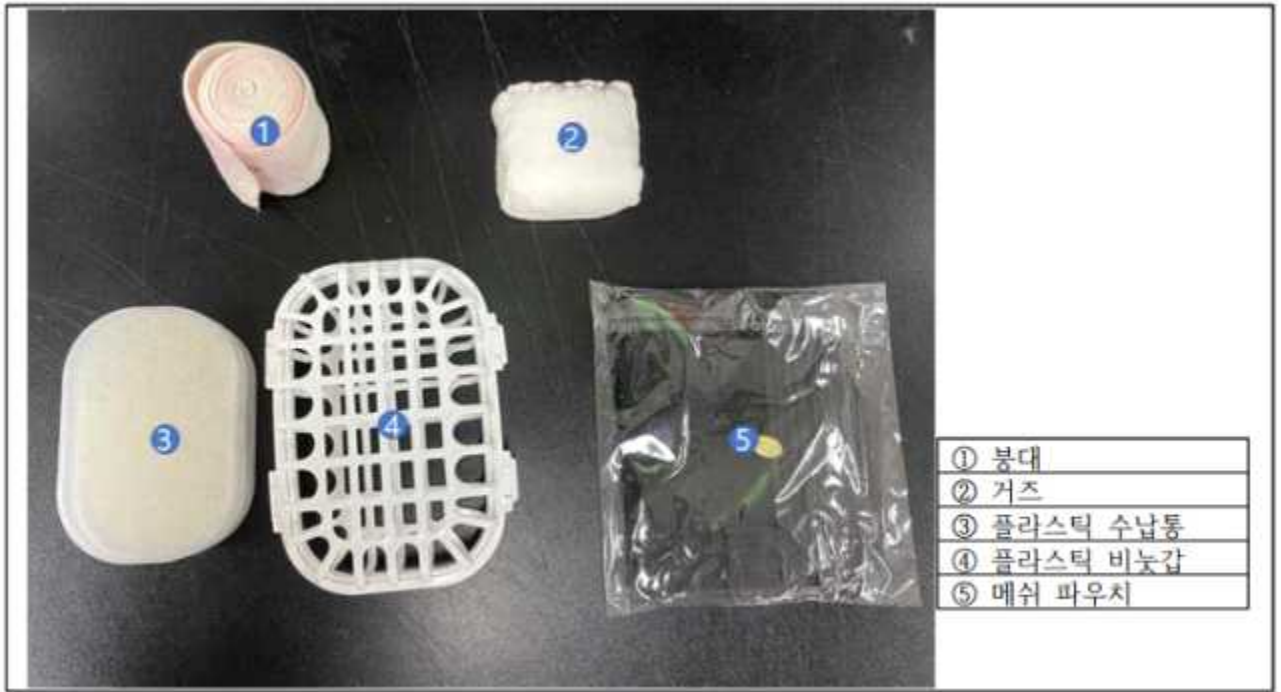
- 발정감지 목줄의 경우, 끊어질 위험은 없음. 하지만, 모든 농가에 발정감지 목줄이 보급되지 않은 상황이기에 사용 가능 농가가 적음.
- 또한, 목줄의 경우 한우에게 매달기 위해서는 아래 사진과 같이 밧줄로 소를 고정해야 하므로 농가에서는 실질적으로 설치에 부담을 느낄 수 있음. 그러므로 목줄 착용법에 비해 간편한 설치 방법이 요구됨.



[그림 2-3] 발정탐지기에 수소 향 방향제를 장착한 모습(좌), 발정탐지기(우)

○ 케이스 종류

- 수소 향 방향제를 감싸는 케이스는 아래 사항을 만족해야 됨.
 - ① 수소 향 방향제를 감쌌을 경우, 수소 향 향이 잘 나야 함.
 - ② 수소 향 방향제의 향이 날아간 경우, 교체가 용이해야 함.
 - ③ 수소 향 방향제 교체 시 재활용이 가능해야 함.
- 아래의 5가지를 수소 향 방향제 케이스로 시제품을 제작하였음.
- 각각의 케이스를 케이블타이를 이용하여 목줄에 장착하여 내구성을 확인함.
- 결론적으로 위의 모든 조건을 만족하는 메쉬 파우치를 수소 향 방향제 케이스 시제품으로 채택



[그림 2-4] 수소 향 방향제 케이스 시제품

3) 수소 향 유해성 확인

○ 수소 향 노출에 따른 간기능 저하 확인(경북대학교 부속목장)

- 목장 내 임신우(4두)를 대상으로 수소 향 방향제가 임신우와 태아 및 송아지에 미치는 영향 확인



[그림 2-5] 수소 향 방향제 목줄 처리(경북대학교 부속목장)

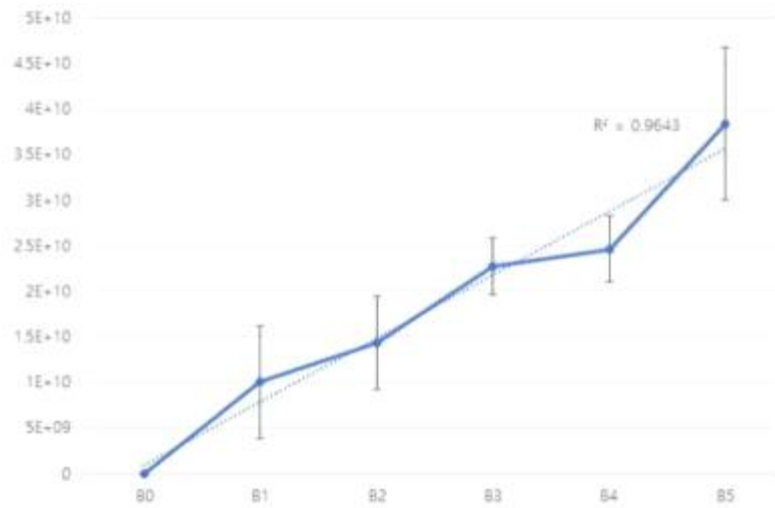
- 수소 향 처리 전후로 혈액 샘플을 채취 후, 간기능 검사 키트(ALT ELISA KIT)를 이용하여 수치 비교분석
- 수소 향 처리에 따른 ALT 수치의 차이가 없으므로 수소 향 처리가 간독성 작용을 일으키지 않는 것으로 판단됨.
- 유산 발생여부: 실험기간(22.01.19 ~ 22.11.30)동안 유산 발생 無

[표 2-1] 수소 향 처리 유무에 따른 ALT 수치 확인 결과

	수소 향 처리 전	수소 향 처리 후
ALT 수치(ng/ml)	0.61 ± 0.36	0.22 ± 0.12

○ 수소 향 방향제 농도별 X-factor 확산량 확인(경북대학교)

- 수소 향 농도별 확산량의 차이를 확인하기 위해 진행
- 다양한 농도의 수소 향 방향제의 농도별 수소 향 확산량을 SPME 분석법을 이용하여 분석
- B0~B5는 일정한 농도 간격으로 제작한 방향제이며, 숫자가 높아질수록 순차적으로 농도가 높아짐.
- R값이 0.9643으로 방향제의 농도가 일정하게 증가함에 따라 확산량도 일정하게 증가하는 것을 확인



[그래프 2-3] X-factor 확산량 SPME 검사 결과

○ 수소 향 방향제 농도별 X-factor 확산량 확인(문경 한우농가)

- 농가에 수소 향 방향제 설치 시, 확산 범위 확인을 위해 진행함.
- 우사 기둥에 일정한 간격으로 수소 향 방향제를 달아놓은 뒤, 우사 복도에서 X-factor를 포집하였음.



[그림 2-6] 문경 한우농가 대기환경 분석 도안(좌), 현장 수소 향 방향제 설치 모습(우)

- 수소 향 방향제가 설치된 우사 복도 6곳의 섹터에서 공기를 포집하였으며, 대조군으로 같은 우사 내 다른 복도 3곳에서 추가로 공기를 포집함.
- 실험군과 대조군에서 포집한 공기 중 유의적으로 X-factor가 검출된 곳은 없으며, 이를 통해 X-factor가 사람에게 노출되는 것으로부터 안전함을 확인할 수 있음.

○ 수소 향 방향제 유해여부 확인

- 수소 향 방향제가 사람에게 유해한지 여부를 확인하고자 한국건설생활환경시험연구원(KCL)에 시험을 의뢰함.
- 연구에 사용하는 수소 향 양의 5배 농도의 수소 향 방향제를 제작하여 ‘안전확인 대상 생활화학제품 안전성 검사’를 진행함.
- 검사 결과, 유해물질이 발견되지 않아 수소 향 방향제 사용의 안전성이 확보됨.

1. 화학물질 확인결과

연번	확인항목	단위	확인기준	확인결과	판정	비고
1	황유금지물질	-	비황유	비황유	적합	비황유-비시용 황유-비시용
2	항상제한물질(사용물질)	-	비사용	비사용	적합	비항상-비사용 항상-비시용
3	중금속(카드뮴)	mg/kg	25 이하	불검출	적합	항상제한물질(황유)
4	카드뮴	mg/kg	2 000 이하	불검출	적합	항상제한물질(황유)
5	중금속(납)	mg/kg	70 이하	불검출	적합	항상제한물질(황유)
6	카드뮴(카드뮴)	mg/kg	300 이하	불검출	적합	항상제한물질(황유)

2. 용기·포장 및 중량 확인결과

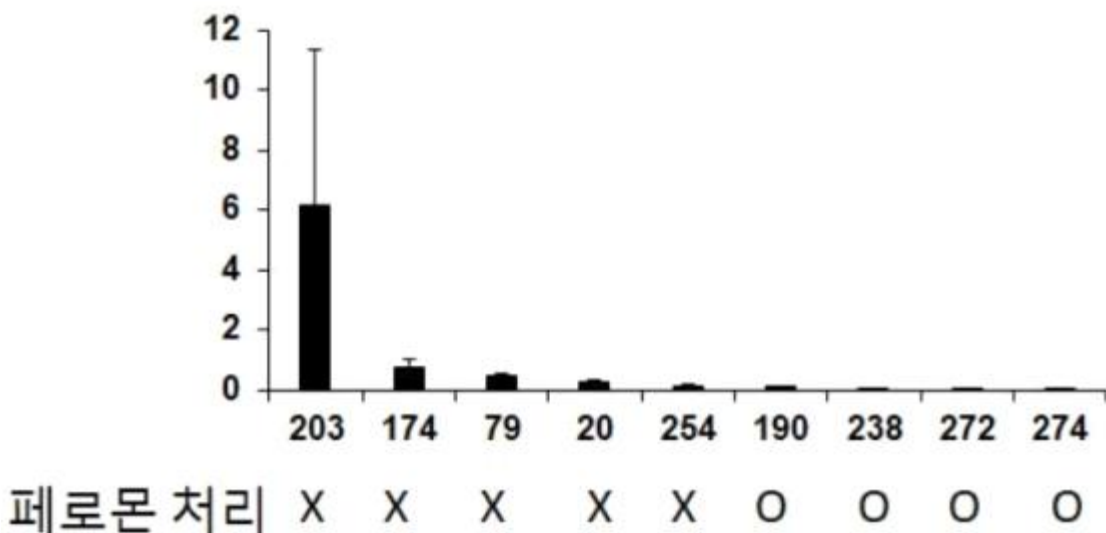
연번	확인항목	확인기준	확인결과	판정	비고
1	겉포장	외관은 깨끗하여야 하며 날카로운 부위 등 위험부위가 없어야 한다.	이상없음	적합	
		구조는 변형·파손 등이 없어야 하고, 내용물이 새지 않아야 한다.	이상없음	적합	
		고압가스를 이용한 스프레이형 제품의 경우에는 '고압가스안전관리법'에 따른 적합한 용기를 사용하여야 하며, 분사 후 흐름 현상이 없어야 한다.	해당없음	해당없음	
2	중량 및 누수	용기 압도 시험을 실시할 때 마개 또는 문체 등 용기의 파손이 없어야 하며 제품의 내용물이 새어나오지 않아야 한다.	해당없음	해당없음	
		누수 시험을 실시할 때 제품의 내용물이 새어나오지 않아야 한다.	해당없음	해당없음	
3	중량/용량(개수)	허용부족량 : 0 % (D6.4 g)	39.9 g	적합	
			39.4 g	적합	
			45.2 g	적합	

3. 어린이보호포장 확인결과

연번	확인항목	확인기준	확인결과	판정	비고
1	어린이보호포장	어린이보호포장에 관한 안전기준 (필수충족기준)	해당없음	*	비해당
2	어린이보호포장	어린이보호포장에 관한 안전기준 (적용불필기준)	해당없음	적합	안전확인대상 영동화석제품 확인신청서 확인

[그림 2-7] 안전확인대상 생활화학제품 확인결과

- 젖소에 수소 향 방향제 처리에 따른 우유 내 X-factor 함유량 확인
 - 보조연구로 젖소에 수소 향을 처리하기 전, 안전성 평가가 요구됨.
 - 젖소의 경우, 한우와는 달리 개별 목줄을 착용한 상태로 방목 사육이 진행되어 목줄에 수소 향 방향제를 개별 설치함.
 - 수소 향 방향제 착용 한 달 후 실험군(4두)와 대조군(5두)의 우유 내 X-factor 함유량을 확인하였음.
 - 확인 결과, 실험군에 비해 대조군의 우유 내 X-factor 함유량이 많았으며, 이를 통해 수소 향 방향제 처리가 우유의 성분 변화를 일으키지 않는 것을 확인함.



[그래프 2-4] 젖소 수소 향 방향제 처리에 따른 우유 내 X-factor 함유량 확인 결과

4) 농가 수소 향 방향제 처리 실험

○ 한우 암소 발정문제 개선을 위한 수소 특이 수소 향 적정 처리 농도 및 처리 방법 확인

- 분만 후 발정재귀 기간 단축 농도 비교 분석

· 실험군 중 A, B농도의 수소 향 처리군에서 첫발정 재귀일의 평균치가 실험목적인 60일 이하인 것을 확인할 수 있었음.

· 농장 설치 환경, 제조 단가 등을 고려하여 최종적으로 B농도로 방향제 제작 확정

· 또한, 설치의 용이성을 고려하여 4m × 8m 우사 기둥에 수소 향 방향제 2개씩 설치하는 것으로 결론

* 번식 이후 유산 여부 확인 - 없음

* 수소 향 처리 후 이상행동 및 기타 문제 - 없음

[표 2-2] 수소 향 방향제 농도별 처리시 발정재귀일 결과(목줄 착용)

방향제 농도	목줄			
	A	B	C	대조군
N	8	17	13	30
발정재귀일(일)	34.5 ± 4.00	47.3 ± 3.87	63.6 ± 7.36	59.3 ± 4.19

[표 2-3] 수소 향 방향제 농도별 처리시 발정재귀일 결과(우사 기둥 설치, 4개)

방향제 농도	우사 기둥 방향제 4개 (4m × 8m)		
	A	B	대조군
N	5	5	30
발정재귀일(일)	47.0 ± 6.13	47.6 ± 5.05	69.3 ± 5.37

[표 2-4] 수소 향 방향제 농도별 처리시 발정재귀일 결과(우사 기둥 설치, 2개)

방향제 농도	우사 기둥 방향제 2개 (4m × 8m)		
	A	B	대조군
N	7	136	92
발정재귀일(일)	33.6 ± 5.40	54.3 ± 1.91	68.1 ± 3.05

○ 젖소 발정문제 개선을 위한 수소 특이 수소 향 적정 처리 농도 확인(목줄 착용)

- 상주 내 젖소농가 20두 대상 실험 진행(실험군 10두, 대조군 10두)

- 젖소에도 수소 특이 수소 향을 처리하였으나, 한우와 달리 유의적인 발정재귀 단축 결과가 확인되지 않음.

- 젖소의 경우, 일정시기가 되면 이유를 통해 새로운 수태를 준비하는 한우와는 달리 지속적인 젖분비를 위해 사육되며, 이를 위한 사료섭취 및 착유행위가 호르몬 시스템에 영향을 주어 결과에 영향을 미쳤을 것으로 예상함.

- 현재 한우를 대상으로 사용하고 있는 수소 향이 젖소의 발정주기에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단되므로 추후 젖소를 타겟으로 하는 추가적인 수소 향 확인이 필요함.



[그림 2-8] 수소 향 방향제를 단 목줄을 착용한 젖소의 모습

5) 최적 수소 향 처리 방법 개발

○ 10개 농가를 대상으로 한우 수소 향 처리 실험 진행

[표 2-5] 실험에 참여한 한우농가 리스트

위치	농가	방향제 농도 / 개수	방향제 설치 날짜					비고
의성	A		STOP					비육우로 전환
	B	A / 40	6월 14일					
예천	C	A / 40						
	D	A / 30						
상주	E	A / 20	10월 6일					
	F	A / 20	10월 6일					
	G	A / 50						
해남	H	A / 30	6월 16일					
진도	I	A / 30	6월 17일					
문경	J	A / 30	8월 17일					
		B / 100						

- 본 실험 간에는 목줄 뿐 아니라 다양한 수소 향 처리 방식을 통해 농가에서 간편하게 수소 향을 처리할 수 있는 방식을 찾는 것이 목적임.



[그림 2-9] 우사 수소 향 방향제 장착을 위한 준비 과정

- 우사 기둥, 사료급여관, 스타치온에 포로몬 방향제를 부착한 후, 탈착되지 않는 최적의 부착 방식을 찾고자 하였음.



[그림 2-10] 스타치온에 수소 향 방향제를 고정한 모습

- 사료급여관, 스타치온에 수소 향 방향제를 부착한 경우 스타치온에 수소 향 방향제를 부착한 경우 일주일 내 유실되는 경우가 상당수 발생하였음. 반복 노출과 가까운 거리로 인한 수소 향 노출 효과는 상대적으로 좋을 수 있으나, 지속적인 탈착으로 인한 실효성 제고가 요구됨.

- 소가 쉽게 접근할 수 없는 부착 방식이 필요할 것으로 판단되며, 이 중 우사 기둥 부착 방식이 1달간 지속할 수 있는 최적의 부착 방식으로 선정됨.



[그림 2-11] 우사 기둥에 수소 향 방향제를 설치하는 모습(좌),
기둥에 부착된 수소 향 방향제의 냄새를 맡는 한우(우)

6) 수소향 방향제처리 유무에 따른 발정강도 확인

- 예천 I목장에서 기둥에 수소 향 방향제 설치 유무에 따른 발정강도 차이 확인
 - 강한 발정을 보이는 두수가 대조군에 비해 약 **59% 개선**된 것을 확인

[표 2-6] 수소향 방향제처리 유무에 따른 발정강도

처리방식	기둥 2개 (8X4)	대조군
	중간농도	
수소향농도	중간농도	
발정 관찰 횟수	13	11
상	10(77%)	2(18%)
중	2(15%)	5(45%)
하	1(8%)	4(36%)

블록 처리 그룹

순번	개체 ID	BCS	본면일	배오온 장착일	첫 발정 재귀일 (발정강도)	두 번째 발정 재귀일(발정강도)	인공수정 날짜(1차)	일공수정 날짜(2차)
예시	002 123 456 789	3	23.04.20	23.04.21	23.05.19 (중)	23.06.09 (상)	23. 7. 02(임신)	-
1	002 1567 96207	4	23. 01. 18	23. 2. 19	23. 2. 14 (중)	23. 3. 5 (상)	23. 3. 05 (임신)	
2	002 1506 02042	4	23. 02. 28	23. 2. 19	23. 3. 31 (중)		23. 3. 31 (임신)	
	002			23. 2. 19	23. 4. 11 (중)		23. 4. 11 (임신)	

[그림 2-12] 예천 1목장 데이터 기록지 사본

7) 우사기둥에 수소 향 방향제 설치 시 효과 확인

○ 수소 향 방향제 처리 유무에 따른 첫 발정재귀일 결과

- 본 연구팀은 우사 8×4㎡를 기준으로 수소 향 방향제를 두 개 설치하여 수소 향 효과를 확인함.
- 총 20개 농가 중 연구기간 내 적극적으로 협조한 9개 농가의 데이터를 종합함.
- 수소 향 방향제를 처리한 그룹에서 첫 발정재귀일 평균 약 **14일**이 앞당겨짐(68일 → 54일).

[표 2-7] 수소 향 방향제 처리에 따른 첫 발정재귀일 결과

지역	농가	실험군/대조군(두)	첫 발정재귀일 평균(일)	
			수소향 방향제	대조군
구미	A	14/5	61.9 ± 4.64	67.0 ± 9.31
구미	B	21/13	59.4 ± 1.88 ^a	76.9 ± 11.22 ^b
구미	C	9/10	52.3 ± 6.23	59.3 ± 5.89
문경	D	17/20	76.6 ± 6.91	78.1 ± 6.20
상주	E	10/3	52.9 ± 6.70	81.0 ± 24.00
상주	F	10/11	28.0 ± 2.43 ^a	47.4 ± 6.18 ^b
안동	G	20/0	47.1 ± 4.59	-
예천	H	20/16	58.4 ± 5.28	71.8 ± 7.42
예천	I	6/8	37.0 ± 1.65 ^a	67.6 ± 7.62 ^b
진도	J	9/6	46.8 ± 3.76	54.2 ± 11.90
전체		136/92	54.3 ± 1.91^a	68.1 ± 3.05^b

○ 수소 향 방향제 처리 유무에 따른 인공수정일 결과

- 수소 향 방향제를 처리한 그룹에서 인공수정일 평균 약 **17일** 앞당겨짐(81일 → 64일).

[표 2-8] 수소 향 방향제 처리에 따른 인공수정일 결과

지역	농가명	실험군/대조군(두)	인공수정일 평균(일)	
			수소향 방향제	대조군
구미	A	14/5	69.6 ± 5.64	67.0 ± 9.31
구미	B	21/13	60.0 ± 3.14 ^a	83.8 ± 13.02 ^b
구미	C	9/10	62.3 ± 8.97	77.3 ± 10.18
문경	D	17/20	76.6 ± 6.91	78.1 ± 6.20
상주	E	10/3	60.7 ± 7.02	81.3 ± 23.67
상주	F	10/11	57.8 ± 3.57 ^a	79.5 ± 13.57 ^b
안동	G	6/8	42.5 ± 9.92	82.0 ± 6.23
예천	H	20/16	74.4 ± 5.74 ^a	94.1 ± 10.96 ^b
예천	I	6/8	43.7 ± 5.46	78.9 ± 4.55
전체		113/94	64.5 ± 2.21 ^a	81.6 ± 3.58 ^b

○ 수소 향 방향제 처리 유무에 따른 인공수정 횟수 결과

- 수소 향 방향제를 처리한 그룹에서 평균 인공수정 횟수가 0.2회 감소(1.4회 → 1.2회).

[표 2-9] 수소 향 방향제 처리에 따른 인공수정일 결과

지역	농가명	실험군/대조군(두)	인공수정일 평균(일)	
			수소향 방향제	대조군
구미	A	14/5	1.2 ^a	1 ^b
구미	B	21/13	1.1	1.2
구미	C	9/10	1.2	1.4
문경	D	17/20	1.3	1.1
상주	E	10/3	1.3	1
상주	F	10/11	1.1 ^a	1.7 ^b
안동	G	6/0	1.2	1
예천	H	20/16	1.4 ^a	1.6 ^b
예천	I	6/8	1.3	1.5
전체		113/86	1.2 ^a	1.4 ^b

- ◎ **종합적으로 수소 향 방향제는 암소의 첫 발정재귀일 및 평균수정횟수를 단축시키는 효과를 보임.**

[표 2-10] 수소 향 방향제 처리 효과 요약

측종	주요 개선 사항	개선 내용
암소	발정재귀촉진	수소향방향제 처리 그룹에서 분만 후 첫 발정 재귀일이 평균 14일 앞당겨짐 (대조구: 68일 vs 처리구: 54일)
	강한 발정행동 관찰율	강한 발정행동 관찰율 59% 개선 (대조구: 18% vs 처리구: 77%)
	1회 인공수정 시 수태율개선	1회 인공수정 시 수태율 21% 개선 (대조구: 55% vs 처리구: 76%)
	평균 인공수정 횟수	평균 인공수정 횟수가 0.2회 감소 (대조구: 1.4회 vs 처리구:1.2회)

8) 우사기둥에 수소 향 방향제 설치 시 정성평가 결과

[표 2-11] 수소 향 방향제 설치 농가 정성평가 결과

위치	농가명	내용
예천	A	발정기간이 길어지고 강도도 매우 강함, 1차 인공수정을 통한 성공률이 높아짐
	B	발정기간이 길어지고 강도도 매우 강함
	C	발정기간이 길어지고 강도도 매우 강함
	D	방향제를 설치한 이후 4-5일만에 오랫동안 발정이 오지 않았던 암소들의 발정이 재귀됨
상주	E	조사료 급여 부족 (TMR 급여) 및 환풍시스템 요인으로 대조군과 차이 없음
	F	발정기간이약 12시간에서 24시간으로 길어지고 강도도 매우 강함
	G	발정기간이약 12시간에서 24시간으로 길어지고 강도도 매우 강함
	H	
	I	
	J	한동안 발정이 오지 않았던 개체가 방향제로 인해 발정재귀 함
구미	K	발정기간이 약 12시간에서 24시간으로 길어지고 강도도 매우 강함(암소 엉덩이 부위 털이 벗겨짐)
	L	
	M	방향제택배가 오면 매우 반갑다.
안동	N	작년까지 매년 호르몬 처리를 통해 발정을 유도했는데 올해는 호르몬 처리를 하지 않음
	O	일반적으로 난소낭종 발생률이 약 10%여서 CIDER 및 호르몬 처리를 했는데 이번에는 이런 경우가 발생하지 않음
부안	P	대조군과 비교해 처리군에서 발정이 뚜렷하게 보이고 기간도 짧아짐. 데이터 수집 중

9) 발정동기화 효과 여부 확인 결과(목표 초과 달성)

○ 발정동기화 개요 및 실험 결과

- 현재 암소의 미약발정 증가로 인해 발정 관찰에 어려움이 있으며, 그로 인한 인력 손실을 줄이기 위해 발정동기화 기술이 널리 사용되고 있음.
- 현장에서도 계절번식을 진행하는 농가에서는 PGF2a + GnRH + PGF2a 주사제를 처리하여, 발정동기화 방법을 대부분 사용 중에 있음.
- 그러나 발정동기화 주사제의 하나인 PGF2a는 최대 2회까지 접종을 시킴에도 불구하고 발정 확인 및 발현 정도가 낮으며, 낮은 수태율로 이어진다는 단점이 있음.
- 해외에서 암소의 발정동기화 효과를 극대화하기 위해 수소와 함께 방목했을 시 나타나는 효과에 관한 연구를 진행하였음(Tauck et al., 1997; Corbet et al., 1999).
- 수소 혹은 수소의 배설물에 노출된 암소 그룹이 대조군에 비해 더 많은 개체가 발정이 동기화되는 현상이 나타남.
- 따라서, 본 연구팀은 충남기술연구소와 함께 23년 상반기(대조군)와 하반기(실험군)로 구분하여 수소 방향제의 발정동기화 촉진 효과 연구를 진행하였음.
- 수소 방향제 사용 시, 발정동기화를 위한 주사제 사용 비율이 45.4% 감소한 것으로 확인됨.

[표 2-12] 수소 향 방향제 설치에 따른 발정동기화 효과 확인

	상반기(대조군)	하반기(방향제 처리군)
총 두수(두)	54	56
발정동기화 실시 두수(두)	39	15
발정동기화 실시 비율(%)	72.2	26.8

출처: 충남축산기술연구소

10) 발정동기화 주사제와 시너지 효과 확인 결과(목표 초과 달성)

○ 발정동기화 주사제 처리 후 수소 향 처리 유무에 따른 연구 결과

- 추가적으로 본 연구팀은 경북기술연구소와 함께 23년 상반기(대조군)와 하반기(실험군)로 구분하여 일괄적으로 발정동기화 프로그램(PGF2a + GnRH + PGF2a 주사제) 진행 후, 수소 방향제의 발정동기화 촉진 효과 연구를 진행하였음.
- 실험은 미경산우(총 46두, 실험군 24두, 대조군 22두)와 경산우(총 54두: 실험군 25두, 대조군 29두)로 나누어 진행됨.
- 수소 방향제 사용 시, 미경산우의 발정동기화율이 65% 높은 것으로 확인됨.
- 수소 방향제 사용 시, 경산우의 발정동기화율은 12% 낮은 것으로 확인됨.

[표 2-13] 발정동기화 주사제와 시너지 효과 확인(미경산우)

미경산우	상반기(대조군)	하반기(방향제 처리군)
총 두수(두)	22	24
발정동기화 두수(두)	3	19
발정동기화 비율(%)	14	79

출처: 경북축산기술연구소

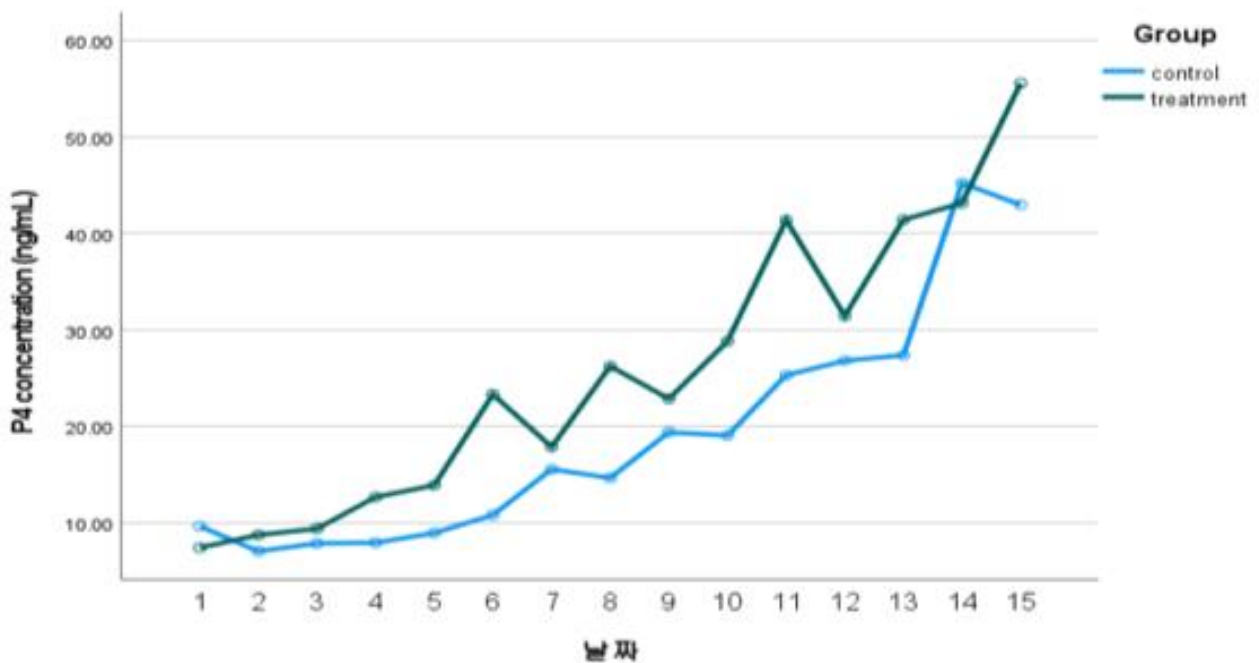
[표 2-14] 발정동기화 주사제와 시너지 효과 확인(경산우)

경산우	상반기(대조군)	하반기(방향제 처리군)
총 두수(두)	29	25
발정동기화 두수(두)	15	10
발정동기화 비율(%)	52	40

출처: 경북축산기술연구소

11) 수소 방향제 처리로 인한 암소의 발정장애 개선 메커니즘 규명

- 프로그스테론(Progesterone, P4)은 암컷의 생리 주기 유지, 수태 및 임신 유지에 필수적인 호르몬으로써 수소 방향제 사용 시, **암소의 Progesterone 분비를 증가시키는 것으로 확인**됨.



[그래프 2-5] 수소 방향제 사용에 따른 Progesterone 수치의 변화

12) 제품화 성공 - 암소 번식용 방향제

- 실험결과를 토대로 수소향을 베이스로 한 암소 번식용 방향제(리프로센트 No.1) 제품화 성공



[그림 2-13] 리프로센트 No.1 제품 포장재 사진

13) 제품 홍보

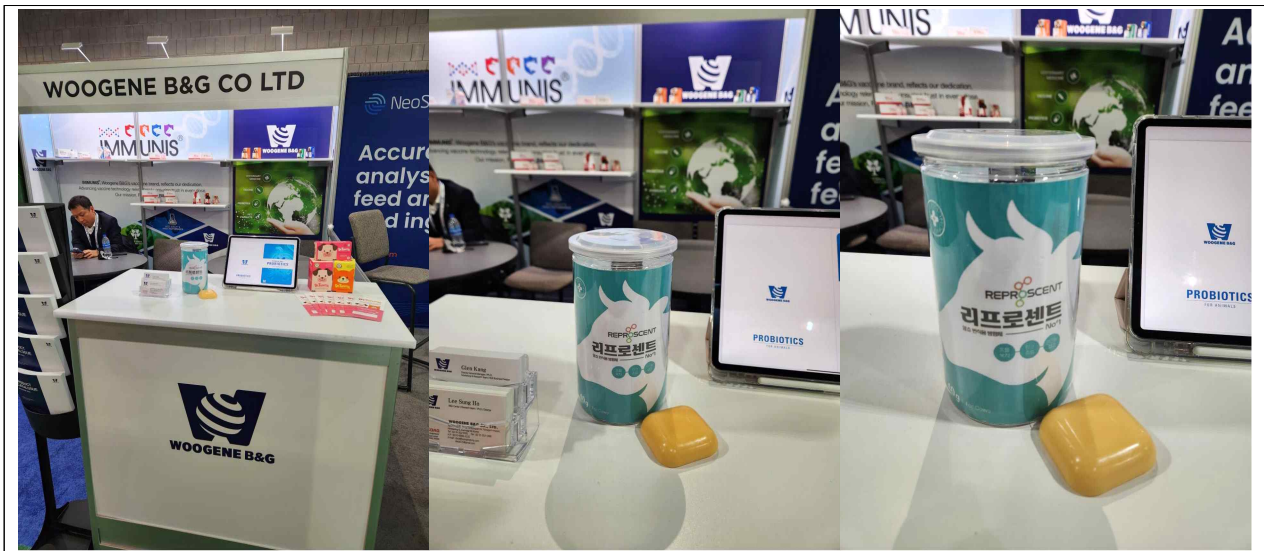
- 국내 박람회 참석
 - 윤민중 교수팀은 수원컨벤션센터에서 열린 ‘농림축산식품 과학기술대전 (2023.11.27. ~ 11.29.)’에 참석하여 제품 홍보를 실시함.



[그림 2-14] 농림축산식품 과학기술대전 박람회 참여 사진

○ 국외 박람회 참석

- 참여기업인 우진비엔지는 한국농수산물유통공사, 한국동물약품협회 한국관 해외 박람회를 활용하여 자사의 제품들을 전세계에 홍보하고 있으며, 매년 동남아, 중동, 유럽, 미국 등 전 세계의 박람회 일정을 확인하여 가능한 많은 지역에 참석하고자 함.
- 2024년 미국 지역에서 개최되는 축산 관련 박람회 중 가장 큰 규모인 IPPE 2024 (2024.01.30. ~ 02.01. 애틀란타, 미국)에 참석하여 소 수소 향 발정 유도 시제품 '리프로센트'의 홍보를 진행함.



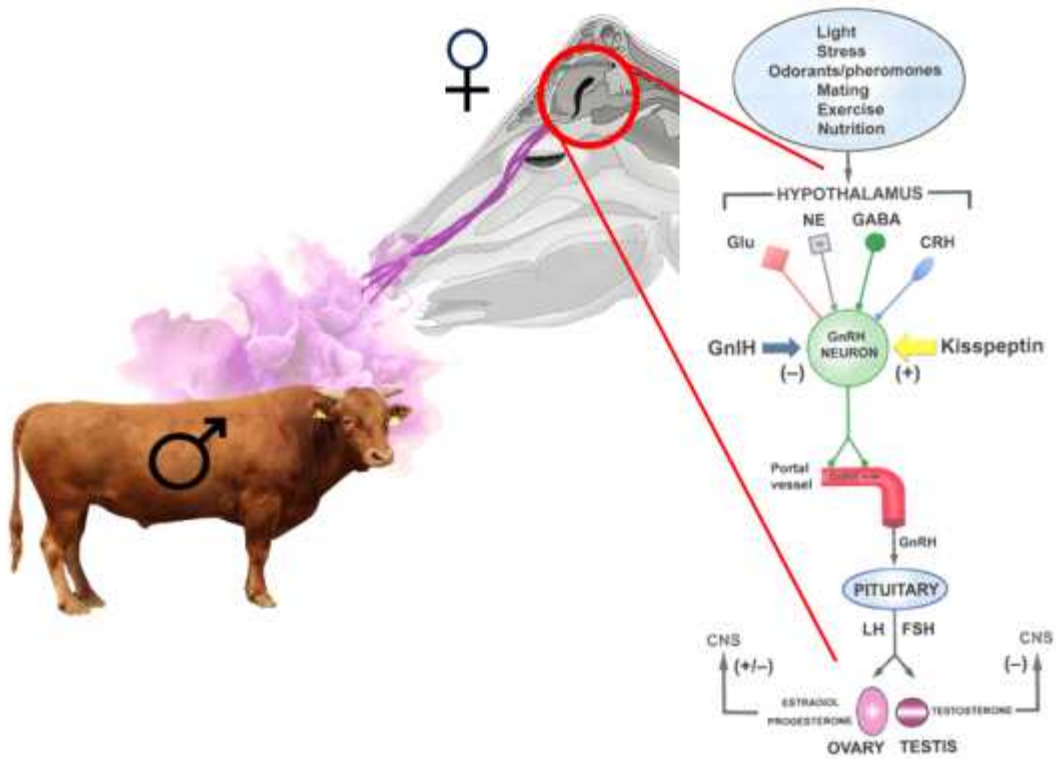
[그림 2-15] IPPE 2024 박람회(애틀란타, 미국) 참여 사진

14) 본 과제 결과물인 수소 향 방향제 기술로 신기술 인증을 획득

- 본 제품의 원천기술인 ‘가축번식 능력 개선용 방향제 제조 기술’은 2024년 1월 3일 **농림식품신기술(NET) 신규 인증을 획득**함.

15) 수소 향 방향제의 암소 뇌 작용 기작 확인(진행 중)

- 수소 향은 암소의 뇌를 자극하여 배란을 촉진하는 LH 분비를 유도할 것으로 예상
 - 수소 향은 암소의 후각기관(서골비 기관)을 통해 뇌로 전달됨.
 - 뇌로 전달된 수소 향 신호는 시상하부(hypothalamus)를 자극하여 성선자극호르몬 방출호르몬(GnRH)을 분비함.
 - GnRH는 뇌하수체 전엽(Anterior pituitary)을 자극하여 LH 분비를 유도
 - 방출된 LH를 통해 암소의 배란이 유도될 것으로 예상됨.



[그림 2-17] 수소 향의 암소 뇌 작용 기작 모식도

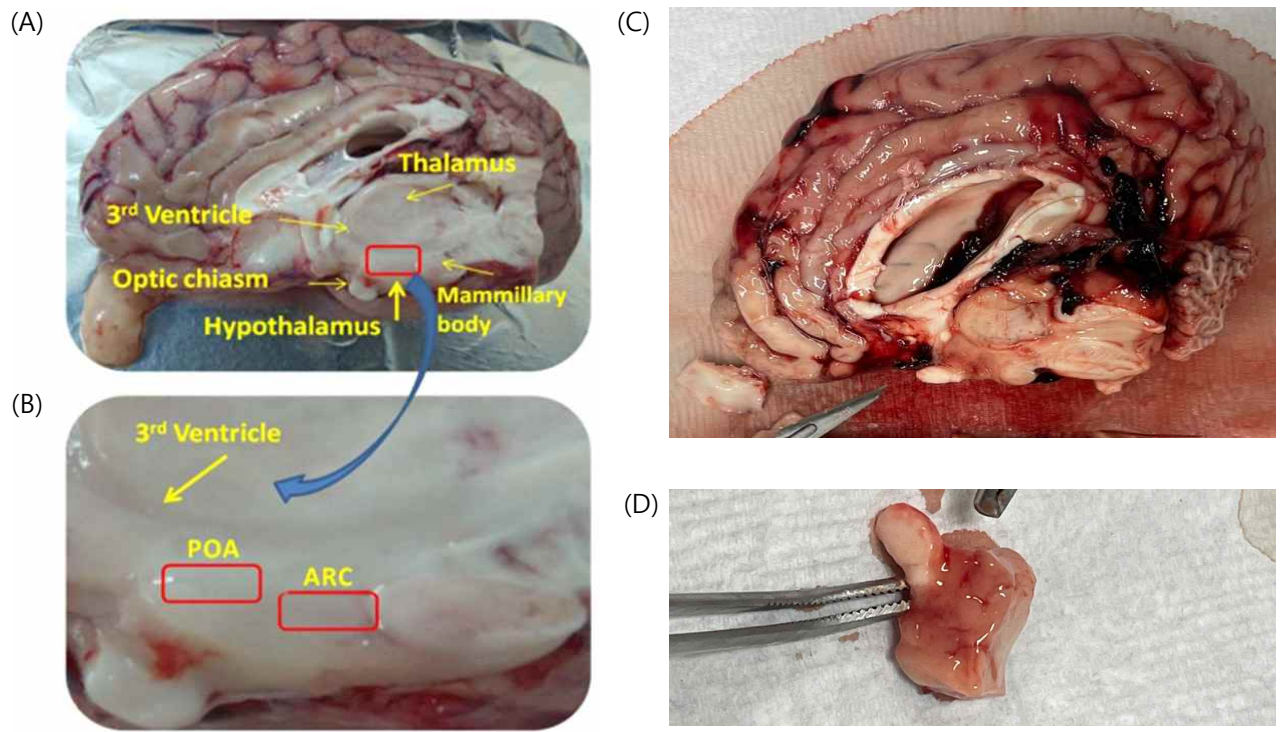
출처: An Introduction to Neuroendocrinology(서적)

○ 이러한 기작을 확인하기 위해 암소 머리를 구입하여 뇌 샘플을 채취함.



[그림 2-18] 뇌 샘플 채취를 위한 암소 머리 해체 과정

○ 암소의 뇌에서 시상하부를 채취하였으며, 시상하부에서 c-Fos, kisspeptin 등 뇌의 신경활동성을 반영하는 인자들의 발현을 확인하는 연구를 진행 중에 있음.



[그림 2-19] 암소 뇌 사진 종합
 (A) 뇌 해부도, (B) 시상하부 단면, (C) 샘플링 뇌 단면, (D) 샘플링 시상하부 단면

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

수소향 방향제 사용시

- 1) 발정기간이 기존 12시간에서 24시간 정도로 길어짐
- 2) 발정 강도가 강해짐 - 처리군에서 승가 행동에 의한 엉덩이 부위 털 벗겨짐이 많이 발견 됨.
- 2) 1차 인공수정을 통한 수정 성공률이 높아짐
- 3) 오랫동안 발정이 오지 않았던 암소들의 발정이 4-5일만에 재귀됨.
- 4) 이전까지는 매번 호르몬 처리를 통해 발정을 유도했는데, 호르몬 처리를 하지 않고도 발정이 시기에 맞게 옴.
- 5) 일반적으로 난소낭종 발생률이 약 10% 정도여서, CIDER 및 호르몬 처리를 했는데 이번에는 이런 경우가 발생하지 않음.

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

기술적 목표항목

평가항목	단 위	전체항목 에서 차지하는 비중 (%)	목표 수준	연구개발전 국내수준	수행결과	평가기관 (방법)*
			수준	수준		
분만 후 발정재귀일	(일)	30	60 미만	68	54(달성)	
인공수정일	(일)	40	67 미만	81	64(달성)	
평균 인공수정 횟수	(회)	30	1.3	1.4	1.254(달성)	
계		100	-	-	달성	-

- 정량평가 목표 모두 달성
 - 1) 첫 발정재귀 평균 14일 촉진
 - 2) 인공수정일 평균 17일 촉진
 - 3) 강한 발정행동 관찰율 59% 개선
 - 4) 1회 인공수정 시 수태율 21% 개선
 - 5) 평균 인공수정 횟수 0.2회 감소
- KCL 안전확인대상생활화학제품, 안전기준적합 제품 인증
 - 제품화를 위해 제품의 안정성 평가 실시, 안정성 인증
- 농림식품부 신기술 인증
 - 위 성과를 바탕으로 신기술로 인증받음.
- 수소 특이 수소 향 방향제 관련 기술 1건 특허 등록, 2건 특허 출원(국내외)
 - 국내 사업화 및 해외진출을 위해 국내외 특허 등록 및 출원

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 일시	장소	국명
1	2023 제21회 발생공학 국제 심포지엄	10월 26일(목)	비대면(온라인 개최)	국제 학회

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	암소 번식 능력 개선용 조성물	PCT	경북대학교 산학협력 단, 한국과학 기술원	2023-03-03	PCT/KR 2023/00 2976						
2	암소 번식 능력 개선용 조성물	대한민국	경북대학교 산학협력 단, 한국과학 기술원	2022-06-08	10-2022- 006943 0		2023-03-23	10-2514 899-00- 00			
3	수소 특이 수소 향 방향제	대한민국	경북대학교 산학협력 단, 한국과학 기술원	2022-03-04	10-2022- 002811 4						

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1	√	√		√						

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호
1	가축번식 능력 개선용 방향제 제조 기술		2024-01-03	2024-01-03 ~ 2027-01-02	21-162

기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	안전확인대상생활화 학제품	한국건설생활환경시험연구원	안전확인대상생활화 학제품 인증	HT22-02881	22년 8월 9일	대한민국
2	안전기준 적합확인 신고증명	한국환경산업기술원	안전기준 적합확인	CB23-12-2297	23년 10월 30일	대한민국

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	리프로센트 No.1	23년 12월 5일	(주)솔로몬					

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
	특허 양수/양도	암소 번식 능력 개선용 조성물, 가축의 번식능력 개선용 조성물	(주)솔로몬	23년 11월 24일	100,000,000원 (20,000,000원)	20,000,000원

□ 사업화 계획 및 무역 수치 개선 효과

성과		암소 능력 개선용 방향제 제조 기술 개발			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1년			
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		-	10,000,000	15,000,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
			국내	0	30
국외			0	-	-
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		발정동기화 기술 개발 및 적용 예정			
무역 수치 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		-	-	-	
	수출	-	-	-	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2023년		
1	창업	(주)솔로몬	1		1
합계			1		1

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	0
		생산인력	0
	개발 후	연구인력	0
		생산인력	1

[사회적 성과]

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	박람회 참가	수원컨벤션센터	농림축산식품 과학기술대전	2023년 11월 27일 ~ 2023년 11월 29일
2	박람회 참가	미국 애틀란타 박람회장	IPPE	2024년 1월 30일 ~ 2024년 2월 1일

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)
경북대학교	교반기 배관	GW28MM	○	X	-	23.10.13	416	경북대학교 실험실공장 (미래창의실험실)
경북대학교	추가 판넬 자재	진넬, 피스 등	X	X	-	23.09.12	2,288	경북대학교 실험실공장 (미래창의실험실)
경북대학교	소형 삼면포장기	잉크젯마킹 기	○	X	-	23.08.01	10,780	경북대학교 실험실공장 (미래창의실험실)
경북대학교	스테인후드	2000*800 *400	○	X	-	23.07.06	3,190	경북대학교 실험실공장 (미래창의실험실)
경북대학교	판넬	75T	X	X	-	23.07.06	2,618	경북대학교 실험실공장 (미래창의실험실)

* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 암소의 발정재귀 촉진	○ 분만 후 첫 발정 재귀일 평균 14일 촉진	○ 100%
○ 암소의 발정강도 개선	○ 강한 발정행동 관찰율 59% 개선	○ 100%
○ 암소의 인공수정 수태율 개선	○ 1회 인공수정 시 수태율 21% 개선	○ 100%
○ 평균 인공수정 횟수 감소	○ 평균 인공수정 횟수가 0.2회 감소	○ 100%

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 한우 암소 번식장애 개선을 통해 암소 1두당 평균 공태일 14일 감소, 100두 규모 농가 기준 한해 평균 사료비 약 1,600만 원 절감 효과
* 사료비 일 평균 1.18만 원 기준
- 평균인공수정 횟수 0.2회 감소, 100두 규모 농가 기준 한 해 평균 인공수정비 약 100만 원 절감 효과
- 호르몬 주사제 대체 기술 개발로 인한 노동력 절감 효과
- 호르몬 주사제 대체 기술 개발로 인한 동물복지에 기여
- 연구종료 후 3년 이내에 매출액을 100억원 정도로 예상
- 신기술을 이용한 해외시장 진출 기대

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

목표 시장 및 Target고객/주요고객은 국내외 암소 번식농가이며, 수소가 부재한 번식농가를 중심으로 적극적으로 제품 홍보를 진행할 계획임. 본 제품을 이용하면 기존 호르몬 체제를 대체하고 노동력 절감 및 동물복지에 이바지할 수 있는 지속 가능하고 미래 지향적인 제품임을 강조할 것임. 지자체와 협력하는 비투스 전략을 통해 제품 사용 농가(판매처)를 확보, 제품 판매 후 농가의 피드백 수렴 및 제품 보완을 통해 지속적인 제품 보완을 해나갈 예정임. 또한, 기술 개발 및 기술 검증에 필요한 연구 인력을 확보하여 제품 고도화에 노력할 예정임.

- 기업화를 통한 국내외 암소 번식농가에 제품 보급
 - 기존 호르몬 체제의 대체제로 시장 진입
 - 지속가능하고 미래 지향적인 기술로 시장 점유율 확대
-

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 가축질병대응기술고도화지원사업 ‘암소 번식장애 개선을 위한 수소 특이 페로몬 제제 개발’ 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 가축질병대응기술고도화지원사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.