

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( ), 발간등록번호( O )

농생명산업기술개발사업 2021년도 최종보고서

발 간 등 록 번 호

11-1543000-003556-01

# 한우 유전정보 활용 고능력 거세우 및 번식우 생산기술 개발

2021. 6. 7.

주관연구기관 / 서울대학교

협동연구기관 / 이안스주식회사

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

<제출문>

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “한우 유전정보 활용 고능력 거세우 및 번식우 생산기술 개발” (개발기간 : 2018.04.26 ~ 2020.12.31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 6. 7.

주관연구기관명 : 서울대학교 산학협력단

협동연구기관명 : 이안스주식회사

최해천 (인)

김응석 (인)



주관연구책임자 : 백 명 기

협동연구책임자 : 김 응 석

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	118053-03	해당단계 연구기간	2020.01.01.~ 2020.12.31	단계구분	3/3
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농생명산업기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	한우 유전정보 활용 고능력 거세우 및 번식우 생산기술 개발			
연구책임자	백명기	해당단계 참여연구원 수	총: 13명 내부: 12명 외부: 1명	해당단계 연구개발비	정부:100,000천원 민간: 34,000천원 계:134,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 38명 내부: 35명 외부: 3명	총 연구개발비	정부:275,000천원 민간: 93,000천원 계:368,000천원
연구기관명 및 소속부서명	서울대학교 농생명공학부			참여기업명 이안스주식회사	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 해당하지 않음
-------------------------	---

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

<p>요약</p> <p>○ 본 연구의 최종 목표는 한우 유전정보 활용 기반 고능력 거세우 및 번식우 생산기술 개발을 통한 한우 생산성 극대화 및 서비스의 현장 적용임</p> <p>○ 연구 수행 내용 및 결과는 다음과 같음</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 설계             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 혈통정보 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 시스템 설계</li> <li>- 유전체 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 시스템 설계</li> <li>- 거세우 성장단계별 정밀사양 사료 프로그램 설계</li> </ul> </li> <li>2. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 검증             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 혈통정보 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가</li> <li>- 유전체 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가</li> <li>- 거세우 유전정보 기반 정밀사양 사료 농가 실증 자료 분석</li> </ul> </li> <li>3. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 거세우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스 시행</li> <li>- 암소 번식우 유전정보 기반 선발기술 서비스 시행</li> </ul> </li> </ol>	<p>보고서 면수</p> <p>55페이지</p>
---	----------------------------

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발 최종목표: 한우 유전정보 활용 기반 고능력 거세우 및 번식우 생산 기술 개발을 통한 한우 생산성 극대화 및 서비스의 현장 적용</li> <li>○ 본 과제의 연구개발 내용은 다음과 같다.             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 설계                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 혈통정보 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 시스템 설계</li> <li>- 유전체 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 시스템 설계</li> <li>- 거세우 성장단계별 정밀사양 사료 프로그램 설계</li> </ul> </li> <li>2. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 검증                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 혈통정보 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가</li> <li>- 유전체 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가</li> <li>- 거세우 유전정보 기반 정밀사양 사료 농가 실증 자료 분석</li> </ul> </li> <li>3. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 거세우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스 시행</li> <li>- 암소 번식우 유전정보 기반 선발기술 서비스 시행</li> </ul> </li> </ol> </li> </ul>				
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 특허 출원: 3건</li> <li>○ 특허 등록: 1건</li> <li>○ 기술이전: 5건</li> <li>○ 기술료: 100,100,000원</li> <li>○ 제품화: 3건</li> <li>○ 매출액: 2,691,283,776원</li> <li>○ 고용창출: 2명</li> <li>○ 논문(SCI): 3편</li> <li>○ 논문평균 IF: 1.75</li> <li>○ 학술발표: 5건</li> <li>○ 인력양성: 3명</li> <li>○ 정책활용: 2건</li> <li>○ 홍보전시: 1건</li> </ul>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 한우 유전정보 기반 정밀사양 설계             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유전정보를 활용한 저투입/고효율 생산성 형질개량 시스템 개발</li> <li>- 유전능력 발현 극대화를 통한 효율적인 사료 개발 및 사료비 절감</li> <li>- 유전정보 기반 정밀사양 기술 개발 활용을 통한 영양소 배설량 저감 친환경 지속가능한 축산 구현</li> <li>- 한우 생산성 향상을 위한 유전정보 활용 연구 기술 확립</li> </ul> </li> <li>2. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 검증             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제형질 맞춤형 정밀사양기술 실용화 확산</li> <li>- 농가 생산성 향상 및 소득 증진</li> <li>- 육질형 정밀사양을 통한 고급육 출현율 향상</li> <li>- 육량형 정밀사양을 통한 일당증체량, 육량 증진 및 사육기간 단축</li> </ul> </li> <li>3. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제형질 맞춤형 정밀사양기술 실용화 확산</li> <li>- 농가 생산성 향상 및 소득 증진</li> <li>- 거세우 육질형 정밀사양을 통한 고급육 출현율 향상</li> <li>- 거세우 육량형 정밀사양을 통한 일당증체량, 육량 증진 및 사육기간 단축</li> <li>- 번식우 정밀 선발기술 적용을 통한 우량 송아지 생산 암소 개량</li> </ul> </li> </ol>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>한우</p>	<p>유전정보</p>	<p>거세우</p>	<p>번식우</p>	<p>서비스</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Hanwoo</p>	<p>genetic information</p>	<p>steer</p>	<p>cow</p>	<p>service</p>

<본문목차>

< 목 차 >

제 1장 연구개발과제의 개요	
제 1절 연구개발 목적	
1. 연구개발 최종목표 .....	7
2. 세부목표 .....	7
제 2절 연구개발의 필요성	
1. 연구개발의 개요 .....	7
2. 연구개발대상의 국내·외 현황 .....	9
제 3절 연구개발 범위	
1. 1차년도 .....	11
2. 2차년도 .....	12
3. 3차년도 .....	14
제 2장 연구수행 내용 및 결과	
제 1절 연구개발 추진 전략 및 방법 .....	15
제 2절 연구개발 추진 체계	
1. 한우 유전정보 기반 정밀사양 추진 체계 .....	17
제 3절 추진 일정 .....	18
제 4절 연구개발 결과	
1. 한우 유전정보 활용 고능력 거세우 및 번식우 생산기술 개발 .....	19
2. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 산업체 지원 연구 .....	44
제 5절 결론 .....	48
제 6절 연구개발성과 .....	49
제 3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	
제 1절 목표 .....	53
제 2절 목표 달성여부	
1. 1차년도 연구목표 및 달성도 .....	53
2. 2차년도 연구목표 및 달성도 .....	53
3. 3차년도 연구목표 및 달성도 .....	54
제 4장 연구결과의 활용 계획	
제 1절 연구개발 결과의 활용방안 및 기대효과	
1. 연구개발 결과의 활용방안 .....	55
2. 기대성과 및 파급효과 .....	55
<별첨1> 연구개발보고서 초록	
<별첨2> 자체평가의견서	
<별첨3> 연구성과 활용계획서	



# 제 1장 연구개발과제의 개요

## 제 1절 연구개발 목적

### 1. 연구개발 최종목표

- 유전정보 활용 고능력 (고급육 생산 및 고성장) 한우 거세우 생산기술 개발 및 보급
- 유전정보 활용 고능력 한우 암소 번식우 생산기술 개발 및 보급

### 2. 세부목표

- 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 설계
  - 혈통정보 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 설계
  - 유전체 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 설계
  - 거세우 성장단계별 정밀사양 사료 프로그램 설계
- 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 검증
  - 혈통정보 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가
  - 유전체 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가
  - 거세우 유전정보 기반 정밀사양 사료 농가 실증 자료 분석
- 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스
  - 거세우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스 시행
  - 암소 번식우 유전정보 기반 선발기술 서비스 시행

## 제 2절 연구개발의 필요성

### 1. 연구개발의 개요

☞ 본 연구개발은 한우가 개체별로 가지고 있는 유전정보를 정확하게 분석한 후 한우 거세우와 번식우에 정밀사양 프로그램을 적용하여 유전능력 발현을 극대화시키기 위한 ‘정밀사양기술 설계-검증-서비스’의 3단계를 근간으로 하고 있다. (그림 1) 참조.

☞ 본 연구개발의 목표는 “한우 유전정보 활용 고능력 거세우 정밀사양기술 및 고능력 번식우 선발기술 개발”로 이 기술의 개요는 아래와 같다 (그림 2).

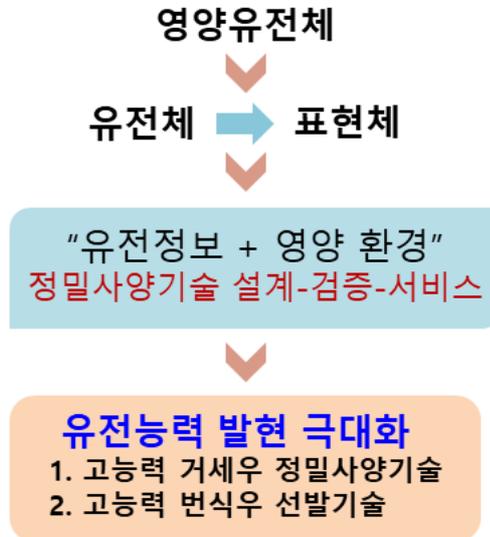


그림 1. 연구과제 개념도

- 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 설계
  - 유전체 정보 기반 (gBLUP) 경제형질 (육질, 성장 및 육량)에 대한 육종가 산출 및 정밀 사양 설계
  - 정밀사양 프로그램에 의한 거세한우 경제형질 향상 목표 설정
    - 관행 육질형 사양 대비 성장률 및 출하체중 증진
    - 육량등급 및 육질 등급 개선
  - 한우 거세우 정밀사양 프로그램에 대한 성장단계별 사료 설계
  - 유전정보를 활용한 고능력 번식우 선발기술 설계
  
- 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 검증
  - 혈통정보 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 검증 평가
    - 개체별 4개 형질에 대한 혈통정보 기반 육종가 추정 및 표준집단 대비 상위 % 산출
    - 실측 경제형질 자료 (체중, 증체량, 도체 육질 및 육량 등급 자료) 수집 및 상위 % 산출
    - 개체별 혈통정보 기반 육종가 상위 %와 도체성적 상위 %의 연관성 분석
  - 유전체 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 검증 평가
    - 개체별 4개 형질에 대한 고밀도 DNA SNP chip 기반 육종가 추정 및 표준집단 대비 상위 % 산출
    - 실측 경제형질 자료 (체중, 증체량, 도체 육질 및 육량 등급 자료) 수집 및 상위 % 산출
    - 개체별 유전체 기반 육종가 상위 %와 도체성적 상위 %의 연관성 분석
  - 서비스 농가에 대한 생산성 증진 효과 모니터링
  
- 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스
  - 거세 한우 유전정보 기반 정밀사양 프로그램 농가 서비스
    - 육질형 또는 육량형 사양 제안
  - 유전정보를 활용한 한우 고능력 번식우 활용기술 서비스

- 육질형 암소: 육질형 송아지 생산을 위한 번식우로 활용 제안
- 육량형 암소: 육량형 송아지 생산을 위한 번식우로 활용 제안
- 저육질형·저육량형 암소: 송아지 생산 번식용 대신 암소비육후 출하 권장



그림 2. 연구 개발의 개요

## 2. 연구개발대상의 국내·외 현황

### 가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

#### ○ 기술현황

- 한우 유용유전자 활용 실용화 연구는 미흡한 수준
  - 지난 수십년간 한우 육질 관련 유용유전자 발굴과 실용화 기반 연구 등이 진행되었으나 농가 적용과 관련한 연구는 미흡한 수준임
  - 누적된 연구에서 발굴한 경제형질 관련 유용유전자를 고효율·저투입 한우 생산에 적용하기 위한 연구가 필요하나 관련 연구는 미흡한 수준임
  - 한우산업에 활용하기 위한 실용화 확산 연구가 절실함
- 한우는 경제형질 (육질과 육량)에서 유전적 다양성이 있어서 우수 개체 선발 활용 가능성이 높음 (Lee et al., 2014)
- 유전체 정보 활용 정밀사양기술 개발 및 서비스 관련 연구는 미흡한 수준
  - 혈통정보를 이용한 방법보다는 DNA chip을 이용한 육종가 추정방법의 정확도가 높아서 이 방법 이용이 효과적일 것임 (Segelke et al., 2012; Kramer et al., 2014; Choi et al., 2017; Lopez et al., 2020).
  - 유전정보를 활용한 정밀사양기술과 이를 직접 서비스하기 위한 구체적 연구는 이루어지지 않은 상황으로 이 분야에 대한 연구가 필요함
  - 본 연구팀은 한우 유전정보 맞춤형 사양기술에 대한 기반 연구를 수행한 바 있음 (Baik et al., 2017; Park et al., 2018)

○ 시장현황

- 국내 축산업의 위치와 한우산업의 중요성
  - 2015년 축산업생산액은 농업생산액(44.5조원)의 43.1%인 19.2조원 규모로 축산업의 중요성은 매우 높음 (농림축산식품부)
  - 2015년 한우생산액은 4.4조원 규모로 경제적 부가가치가 매우 높은 중요 산업임
  - 한우생산액은 농업생산액을 구성하고 있는 품목 중 3위로 (돼지, 쌀, 한우 순) 한우산업은 농업의 큰 비중을 담당하고 있음
  - 한우는 우리나라 고유 품종으로 원천종자 확보 및 국가브랜드로서의 가치가 큼
  - 축산업생산액과 한우생산액은 2026년 각각 23.8조원, 5.3조원 규모로 증가할 것으로 전망 (한국농촌경제연구원)
- 국내 사료산업의 중요성
  - 우리나라 연간 총 배합사료생산량은 2016년 1,950만톤 (한국사료협회)
  - 우리나라 연간 총 배합사료 시장규모는 2016년 10조원대로 규모가 매우 큼

○ 지식재산권현황

- 특허정보넷 키프리스 (Kipris.or.kr) 검색을 통한 관련 국내 특허 현황
  - 한우의 경제형질(근내지방도, 육량)을 예측하고 개선하려는 시도로 유전자 마커 및 그 조합, 유전체 정보의 일부가 특허로 등록되어 있음
  - 암소에 대한 개량을 목적으로 경제형질을 예측하려는 시도가 특허로 등록되어 있음
  - 다만, 관련 특허들은 내용이 단편적이고 규모가 작은 초기 단계의 특허가 주를 이룸
  - 한우 근내지방도 및 고급육을 조기에 판별하기 위한 기초 연구의 결과로 본 연구진의 특허 2건이 등록되어 있음

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 영양·유전체 통합 활용 기술 개발은 선진국에서 진행중
  - 미국, 유럽 등 선진국들은 유전체 정보를 이용하여 축산물의 품질 및 생산성 향상을 모색하기 시작함
  - 유전·환경 상호작용을 증진시켜 유전능력 발현을 극대화할 수 있는 효과적인 방안으로 영양·유전체 통합 정보 기반 가축 사양 시스템이 제안되어 선진국에서 관련 연구가 진행중
  - 미국, 영국, 일본 등의 선진국에서는 영양유전체 기술을 이용하여 인체 질병 관련 맞춤형 식이 개발 연구가 진행되고 있으나 가축 유전체 기반 정밀사양 기술개발 분야에 대한 연구는 미흡한 수준

○ 시장현황

- 세계인구 증가에 따른 동물성 식품 수요의 급격한 증가 전망

- 세계인구: 현재 71억명 → 2050년 90억명으로 증가 추정 (세계은행)
- 2050년 동물성 식품 수요 → 현재의 2배 이상 증가 추정 (유엔)
- 2050년 중국의 육류 수입액: 1500억 달러 추정 (한국농촌경제연구원)
- 세계 사료산업 규모
  - 세계 총 사료생산량: 2016년 10억톤 이상 추정
  - 세계 사료시장 규모: 2017년 276억 달러로 규모가 아주 큼 (글로벌인포메이션)

#### ○ 지식재산권현황

- 특허정보넷 키프리스 (kipris.or.kr) 검색을 통한 관련 국외 특허 현황 (국외의 경우이므로 관련 특허는 한우에 국한하지 않음)
  - 과거에는 국내의 특허 현황과 비슷하게 경제형질을 예측하고 조기에 판정하려는 시도들이 특허로 등록되어 있음
  - 암소 및 자손 개량을 목적으로 한 육종 관련 특허들이 국내보다 더 다양함
  - 최근에는 고밀도 SNP chip들의 결과를 경제형질별 육종가로 산출하는 방법과 이를 활용하려는 기초 연구 내용에 대한 특허들이 많아지고 있음

#### ○ 기타현황

- NCBI (ncbi.nlm.nih.gov/pubmed) 검색을 통한 관련 해외 연구 현황
  - 다양한 품종에서의 육종가 산출 방법 및 정확성에 대한 평가 관련 연구가 시작됨
  - 유전체 기반 육종가를 활용하여 실제 사양에 도입하기 위한 기초적인 연구가 시작됨

## 제 3절 연구개발 범위

### 1. 1차년도

#### 가. 제1 세부기관 (서울대학교)

- (1) 혈통정보 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 설계
  - 개체별 혈통자료를 이용하여 4개 도체형질에 대한 육종가 산출
  - 개체별 육종가 표준화후 표준집단 (57000여두 규모) 대비 상위 % 산출
  - 육종가에 의한 개체별 경제형질에 대한 1차 사양 방안 제시
- (2) 유전체 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 설계
  - 개체별 DNA에 대한 고밀도 DNA SNP chip (Illumina Bovine 50K chip) 분석
  - 한우 표준 참조집단을 이용한 개체의 유전체 기반 육종가 추정 (gBLUP 모델 활용)
  - 개체별 유전체 기반 육종가 표준화후 표준집단 대비 상위 % 선발
  - 유전체 기반 육종가에 의한 개체별 경제형질에 대한 최종 사양 방안 제시

- (3) 축근 확보, 혈통정보, DNA 시료 및 표현형질 수집
  - 축근 확보
  - 혈통정보 수집
  - DNA 추출용 시료 수집
  - 표현형 정보 수집

#### 나. 제 1협동기관 (이안스)

- (1) 혈통정보 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 설계 지원
  - 주관연구기관(서울대학교)에 상기한 연구개발 목표의 개발 내용을 지원
  - 시험축 제공
- (2) 유전체 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 설계 지원
  - 주관연구기관에 상기한 연구개발 목표의 개발 내용을 지원
  - 시험축 제공
- (3) 축근 확보, 혈통정보, DNA 시료 및 표현형질 수집 지원
  - 축근 확보
  - 혈통정보 수집
  - DNA 추출용 시료 수집
  - 표현형 정보 수집

## 2. 2차년도

#### 가. 제 1세부기관 (서울대학교)

- (1) 거세우 성장단계별 정밀사양 사료 프로그램 설계
  - 육질형 정밀사양 프로그램: 관행 육질형 사양대비 고급육 출현율 증진
  - 육량형 정밀사양 프로그램: 관행 육질형 사양과 비교하여 성장률 및 육량 개선 및 조기 출하 목표 설정
  - 육질형 정밀사양 성장단계별 사료 프로그램 설계
  - 육량형 정밀사양 성장단계별 사료 프로그램 설계; 육질형 사양과 비교하여 성장률 및 육량 개선 및 조기 출하 목표 달성을 위한 사료 프로그램 설정
- (2) 혈통정보 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가
  - 4개 형질에 대하여 개체별 혈통정보 기반 육종가 추정 및 표준화 육종가 산출
  - 한우 표준집단(표현형 및 혈통정보 보유)을 이용한 대상우의 유전평가
  - 개체별 추정 육종가에 대하여 표준화 후 한우 표준집단 통계치 대비 상위 % 산출
  - 개체별 실측 경제형질 자료 수집: 체중, 증체량, 도체 육질 및 육량 등급 자료
  - 개체별 실측 도체성적에 대하여 축산물품질평가원 전년도 통계치 대비 상위 % 산출
  - 개체별 육종가 상위 %와 도체성적 상위 %의 연관성을 분석하여 조기진단 적합성 평가

(3) 유전체 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가

- 개체별 DNA에 대한 고밀도 DNA SNP chip (Illumina Bovine 50K chip) 분석을 통한 대상우의 유전체 정보 자료 생산
- 한우 표준 참조집단 (3,821두 규모)을 이용하여 개체의 유전체 기반 육종가 추정 (gBLUP 모델 활용)
- 4개 형질에 대하여 개체별 유전체 기반 육종가 표준화 후 표준집단 대비 상위 % 산출
- 개체별 실측 경제형질 자료 수집: 체중, 증체량, 도체 육질 및 육량 등급 자료
- 개체별 실측 도체성적의 축산물품질평가원 전년도 통계치 대비 상위 % 산출
- 유전체 기반 육종가 상위 %와 도체성적 상위 %의 연관성을 분석하여 조기진단 적합성 평가

(4) 거세우 유전 정보 기반 정밀사양기술 서비스 시행

- 서비스 축군, DNA 추출 시료 및 혈통 자료 확보
- 혈통정보 기반 육종가 추정 및 정밀사양 제안
- 유전체 기반 육종가 추정 및 정밀사양 제안
- 정밀사양 서비스 시기 및 정밀사양 프로그램 적용시기

(5) 암소 번식우 유전 정보 기반 선발기술 서비스 시행

**☞ 한우 암소 번식우 정밀사양/개량 프로그램 서비스 개요**

- 육질형 암소: 육질형 송아지 생산 번식우로 활용 제안
- 육량형 암소: 육량형 송아지 생산 번식우로 활용 제안
- 저육질형·저육량형 암소: 암소 비육후 출하 권장

- 서비스 축군, DNA 추출 시료 및 혈통 자료 확보
- 혈통정보 기반 육종가 추정 및 정밀사양/개량 방안 제안
- 유전체 기반 육종가 산출 및 정밀사양/개량 방안 제안
- 정밀사양/개량 방향 서비스 시기 및 적용 시기

나. 제 1협동기관 (이안스)

(1) 거세우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스 시행 지원

- 주관연구기관에 상기한 연구개발 목표의 개발 내용을 지원
- 시험축 제공

(2) 암소 번식우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스 시행 지원

- 주관연구기관에 상기한 연구개발 목표의 개발 내용을 지원
- 시험축 제공

### 3. 3차년도

#### 가. 제 1세부기관 (서울대)

- (1) 혈통정보 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가
  - 4개 형질에 대하여 개체별 혈통정보 기반 육종가 추정 및 표준화 육종가 산출
  - 한우 표준집단(표현형 및 혈통정보 보유)을 이용한 대상우의 유전평가
  - 개체별 추정 육종가에 대하여 표준화 후 한우 표준집단 통계치 대비 상위 % 산출
  - 개체별 실측 경제형질 자료 수집: 체중, 증체량, 도체 육질 및 육량 등급 자료
  - 개체별 실측 도체성적에 대하여 축산물품질평가원 전년도 통계치 대비 상위 % 산출
  - 개체별 육종가 상위 %와 도체성적 상위 %의 연관성을 분석하여 조기진단 적합성 평가
- (2) 유전체 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가
  - 개체별 DNA에 대한 고밀도 DNA SNP chip (Illumina Bovine 50K chip) 분석을 통한 대상우의 유전체 정보 자료 생산
  - 한우 표준 참조집단을 이용하여 개체의 유전체 기반 육종가 추정 (gBLUP 모델 활용)
  - 4개 형질에 대하여 개체별 유전체 기반 육종가 표준화 후 표준집단 대비 상위 % 산출
  - 개체별 실측 경제형질 자료 수집: 체중, 증체량, 도체 육질 및 육량 등급 자료
  - 개체별 실측 도체성적의 축산물품질평가원 전년도 통계치 대비 상위 % 산출
  - 유전체 기반 육종가 상위 %와 도체성적 상위 %의 연관성을 분석하여 조기진단 적합성 평가
- (3) 거세우 유전 정보 기반 정밀사양기술 서비스 시행
  - 혈통정보 기반 육종가 추정 및 정밀사양 제안
  - 유전체 정보 기반 육종가 추정 및 정밀사양 제안
- (4) 암소 번식우 유전 정보 기반 선발기술 서비스 시행
  - 혈통정보 기반 육종가 추정 및 정밀사양/개량 방안 제안
  - 유전체 정보 기반 육종가 산출 및 정밀사양/개량 방안 제안

#### 나. 제 1협동기관 (이انس)

- (1) 거세우 유전정보 기반 정밀사양 사료 농가 실증 자료 분석
  - 사료 판매 농가 및 거세우 서비스 시행 농가의 도체 성적 확보
  - 농가 실증 자료 (도체성적) 분석: 정밀사양 프로그램 설계시 설정한 목표 검증
  - 서비스 농가에 대한 생산성 증진 효과 모니터링
  - 정밀사양기술 적용에 따른 분뇨배설량 및 영양소배설량 감소 예상 수치 계산
- (2) 거세우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스 시행 지원
  - 주관연구기관에 상기한 연구개발 목표의 개발 내용 지원
  - 시험축 제공
- (3) 암소 번식우 유전정보 기반 선발기술 서비스 시행 지원
  - 주관연구기관에 상기한 연구개발 목표의 개발 내용 지원
  - 시험축 제공

## 제 2장 연구수행 내용 및 결과

### 제 1절 연구개발 추진 전략 및 방법

#### 1. 유전정보 분석과 정밀사양 방법을 적용한 융합 기술 개발 (그림 3)

- 한우 생산성 향상을 극대화하기 위해서는 개체가 보유하고 있는 유전형질을 정확히 분석하고 유전능력 발현에 적합한 영양소 공급 및 사양 환경 제공이 이상적
- 이를 위하여 유전체 기반 유전정보 분석 기술과 영양·사양기술을 융합한 기술 개발 연구를 수행
- 연구의 효율성을 높이기 위해 아래 2개 연구팀이 공동 연구 수행

#### 2. 영양유전체 전문가, 관련 산업체, 유전체·육종 전문가의 공동 연구 (그림 4)

- 정밀사양/영양유전체 전문가: 서울대학교 백명기 교수 연구팀
- 이안스: 산업체 - 거세우 서비스, 사료 개발 등
- 유전체·육종 전문가: 충남대학교 이승환 교수 연구팀
- 육종가 표준화를 위한 참조집단 활용

#### 3. 국가기관 및 사업단 자료 활용

- 축산물 품질평가원 도축자료 활용
- 국가단위 한우 표준집단 자료 활용

#### 4. 농가 및 업계 유전 정보 기반 정밀사양 프로그램 서비스 및 기술료 수주

- 농가 유전정보 기반 정밀사양 프로그램 서비스 실시 및 기술료 수주: 이안스 및 거래 농가
- 농가 실용화 확산을 통해 소득 증대에 기여
- 사료회사: 신기술 활용 유전 기반 정밀사양사료 개발 유도

#### 5. 한우 거세우 및 한우 암소 번식우 동시 연구

- 한우 거세우는 육질형 및 육량형 사양 제안
- 한우 암소는 송아지 생산을 위한 번식우용과 암소 비육용으로 제안

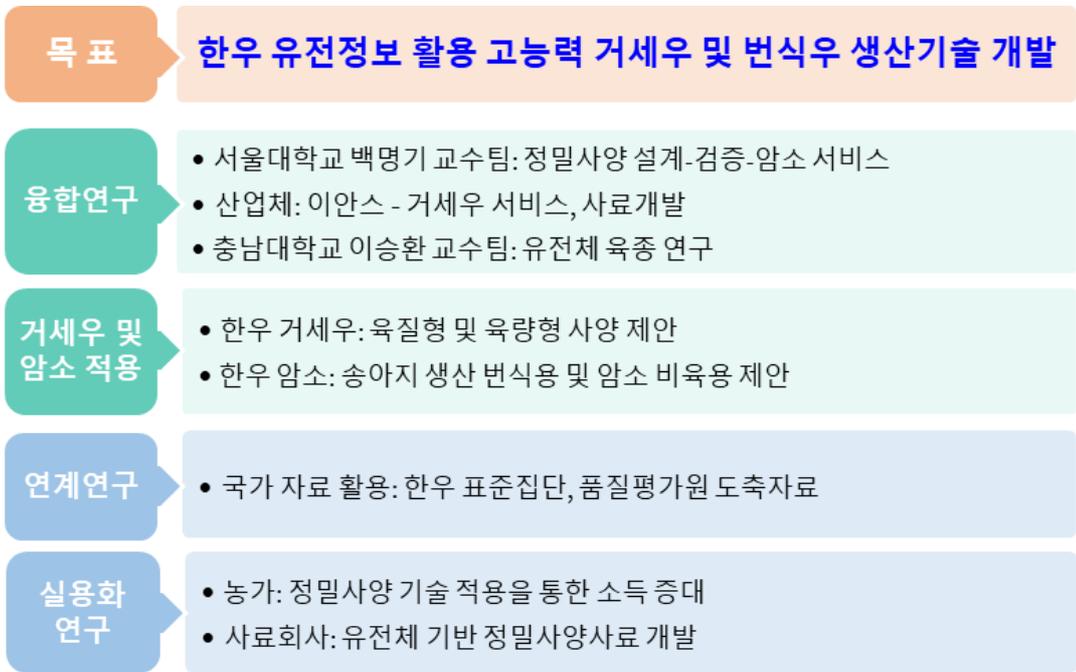


그림 3. 연구개발 추진전략·방법의 개요

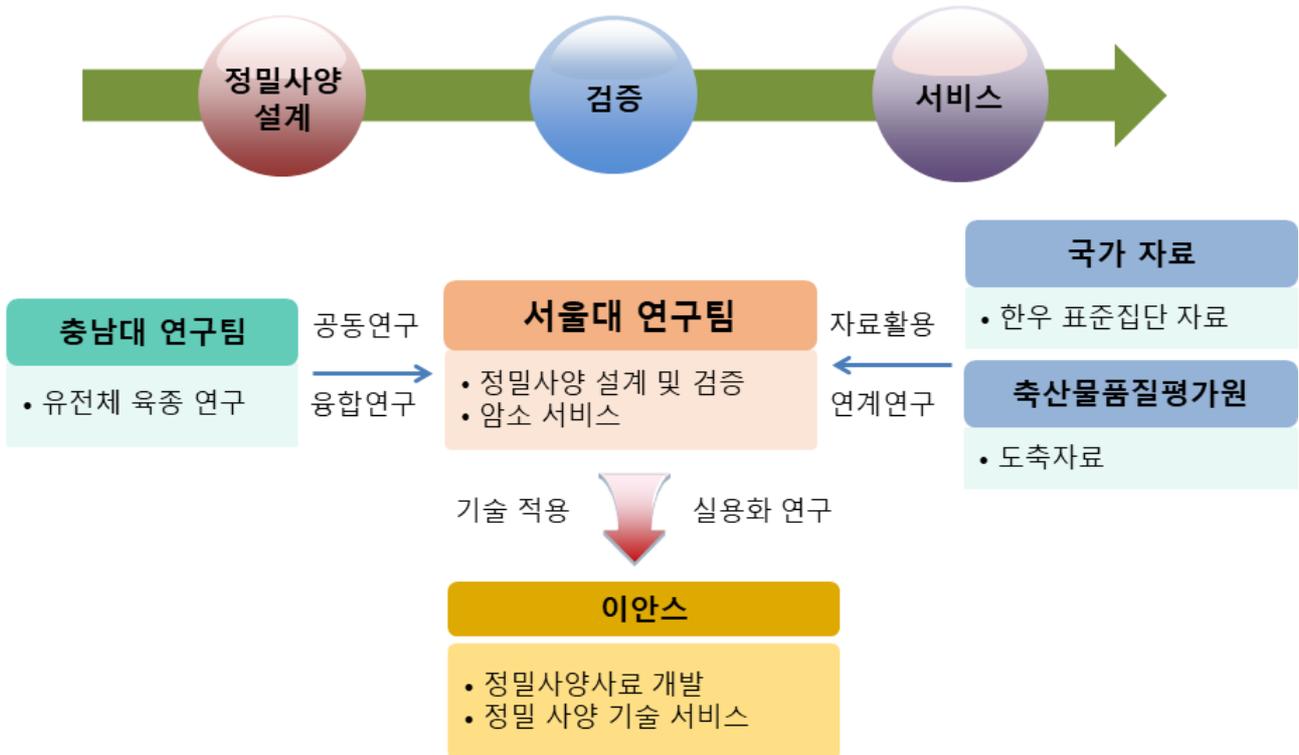


그림 4. 연구조직 협력체계

## 제 2절 연구개발 추진 체계

### 1. 한우 유전정보 기반 정밀사양 추진 체계 (그림 5, 그림 6)

- 한우 유전정보 기반 정밀사양 시스템 설계
- 한우 유전정보와 실측 경제형질과의 적합성 평가를 통한 검증
- 한우 유전정보 기반 정밀사양 프로그램 농가 서비스

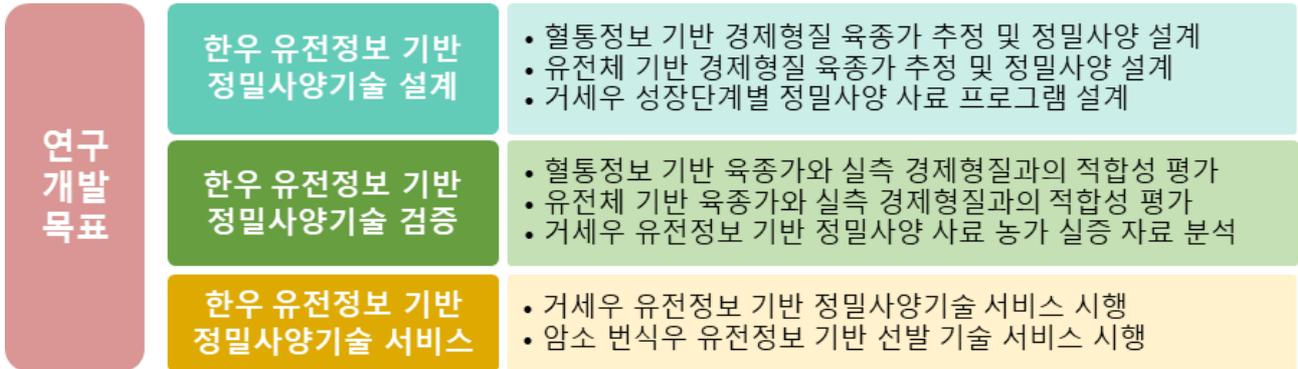


그림 5. 연구의 설계-검증-서비스 체계

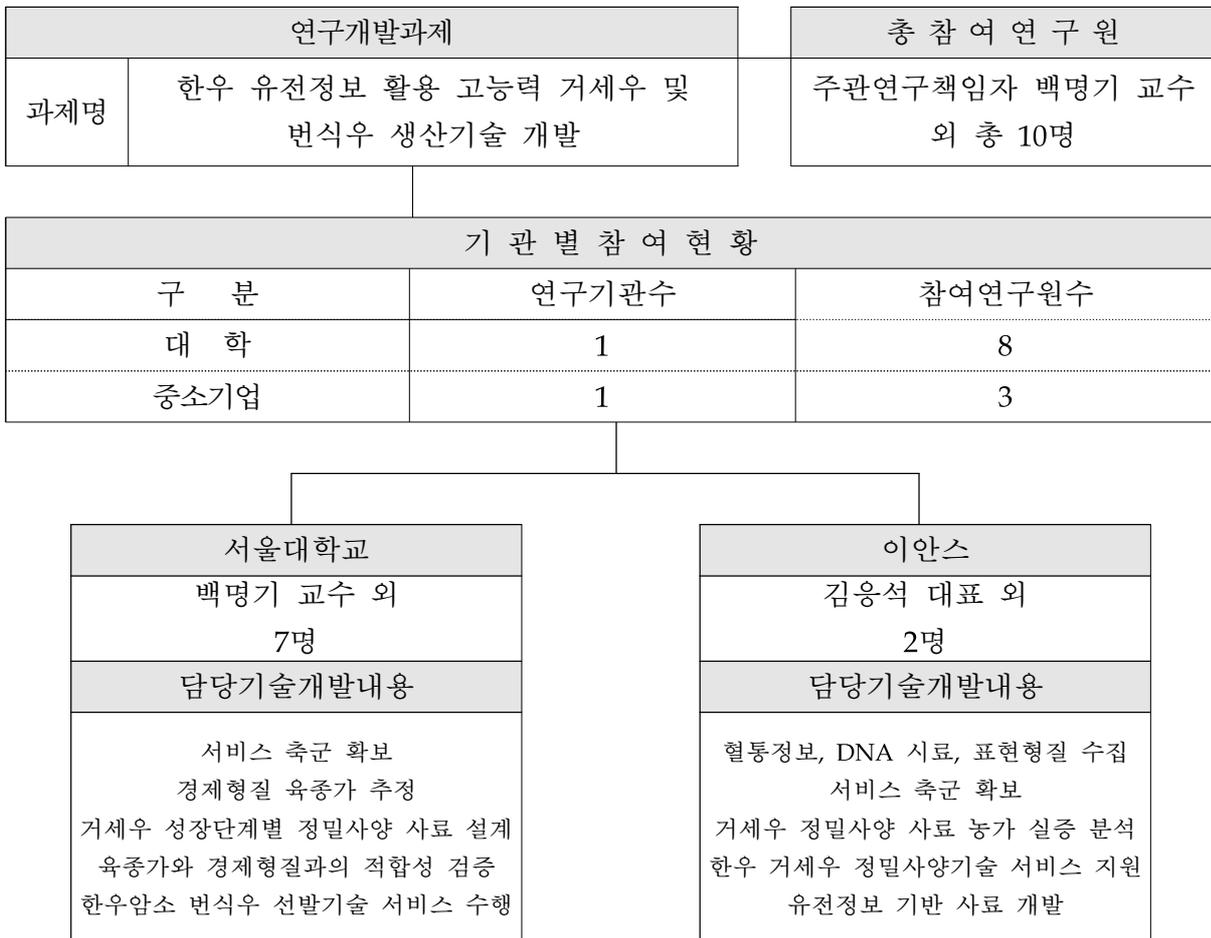


그림 6. 연구개발 추진체계

### 제 3절 추진 일정

1차년도																
기관	연구내용		월별 추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
주관 (서울대)	1	측근 확보, 혈통정보, DNA, 표현형질 수집													25,000	백명기 (서울대)
	2	경제형질 육종가 추정													25,000	백명기 (서울대)
	3	정밀사양 시스템 설계													25,000	백명기 (서울대)
제 1협동 (이안스)	4	경제형질 육종가 추정 지원													12,500	김응석 (이안스)
	5	정밀사양 시스템 설계 지원													12,500	김응석 (이안스)
2차년도																
주관 (서울대)	1	거세우 성장단계별 정밀사양 설계													25,000	백명기 (서울대)
	2	혈통정보 기반 육종가 적합성 평가													25,000	백명기 (서울대)
	3	유전체 기반 육종가 적합성 평가													25,000	백명기 (서울대)
	4	정밀사양기술 서비스													25,000	백명기 (서울대)
제 1협동 (이안스)	5	정밀사양기술 서비스 지원												34,000	김응석 (이안스)	
3차년도																
주관 (서울대)	1	혈통정보 기반 육종가 적합성 평가													30,000	백명기 (서울대)
	2	유전체 기반 육종가 적합성 평가													30,000	백명기 (서울대)
	3	정밀사양기술 서비스													40,000	백명기 (서울대)
제 1협동 (이안스)	4	거세우 정밀사료 농가 실증 분석													17,000	김응석 (이안스)
	5	정밀사양기술 서비스 지원													17,000	김응석 (이안스)

## 제 4절 연구개발 결과

### 1. 한우 유전정보 활용 고능력 거세우 및 번식우 생산기술 개발 (주관연구기관: 서울대)

#### 가. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 설계

##### (1) 혈통정보 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 시스템 설계

###### - 개체별 혈통자료를 이용하여 4개 도체형질에 대한 육종가 산출

- 대상형질: 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도
- 4개 도체형질 자료(축산물품질평가원 도축자료)와 대상축군의 혈통정보를 통합하여 BLUP 모델 설정
- ssBLUP(ASReml-R) 통계 모델을 이용하여 4개 형질에 대한 혈통정보 육종가 추정
- 혈통정보 기반 개체별 육종가 추정 및 표준화 육종가 산출
- 서비스 축군, DNA 추출 시료 및 혈통자료 확보

###### ✓ 한우 거세우 축군 확보

1년차: **404두**

2년차: A농장 325두, B농장 239두, C농장 302두, D농장 56두, E농장 16두; **총 938두**

3년차: F농장 402두, G농장 317두, H농장 245두; **총 964두**

###### ✓ 축군의 이표번호 확보 후 종축개량협회 조회를 이용하여 개체별 부계 (아버, 조부, 조모) 및 모계 (어미, 외조부, 외조모) 혈통정보 수집

###### \* 1차 혈통정보 기반 육종가 분석;

1년차: **392두**

2년차: A농장 283두, B농장 213두, C농장 295두, D농장 56두, E농장 16두; **총 863두**

3년차: F농장 10두, G농장 83두, H농장 201두; **총 294두**

###### ✓ 한우 번식우 축군 확보

1년차: **982두**

2년차: A농장 437두, D농장 94두, E농장 4두; **총 535두**

3년차: F농장 11두, H농장 122두; **총 133두**

###### ✓ 축군의 이표번호 확보 후 종축개량협회 조회를 이용하여 개체별 부계 (아버, 조부, 조모) 및 모계 (어미, 외조부, 외조모) 혈통정보 수집

###### \* 1차 혈통정보 기반 육종가 분석;

1년차: **555두**

2년차: A농장 301두, D농장 94두, E농장 4두; **총 399두**

3년차: F농장 8두, H농장 47두; **총 55두**

- 혈통정보 기반 개체별 육종가 추정에 사용된 표준집단 통계량 정보 (**표 1, 표 2**)

**표 1. 혈통정보 육종가 추정에 사용한 표준집단의 혈통정보 육종가 통계량**

항목	평균	표준편차
<b>1년차 (n=57,000)</b>		
근내지방도	0.255	0.532
도체중	5.894	10.062
등지방두께	0.066	1.012
등심단면적	1.871	2.875
<b>2. 3년차 (n=545,483)</b>		
근내지방도	0.278	0.821
도체중	4.026	19.099
등지방두께	-0.153	1.594
등심단면적	1.053	3.312

**표 2. 혈통정보 육종가 추정에 사용한 표준집단의 도체성적 통계량**

도체 성적	평균	표준편차
<b>1년차 (n=57,000)</b>		
근내지방도	3.30	1.60
도체중	342.61	45.66
등지방두께	8.63	3.71
등심단면적	78.73	9.32
<b>2, 3년차 (n=545,483)</b>		
근내지방도	5.667	1.870
도체중	431.699	42.980
등지방두께	13.161	4.490
등심단면적	91.102	9.737

- 개체별 육종가 표준화후 표준집단 대비 상위 % 산출 (표 1, 표 2)

- 표준 참조집단은 다양한 환경에서 사육된 대규모 개체수로 구성되어 있어서 유전적인 측면과 환경적 측면이 반영되어 있음
- 한우 표준집단(표현형 및 혈통정보 보유)을 이용한 대상우의 유전평가(대상우는 혈통정보 필요, 정확도 40-50%로 육종가 예측)
- 육질: 근내지방도; 육량: 등심단면적, 도체중, 등지방두께 (수치 낮을수록 상위)
- 거세우 1차 혈통정보 기반 육종가 분석 개요 (표 3) (1년차+2년차+3년차 통합)

**표 3.** 거세우 혈통정보 기반 육종가 분석 경제형질 상위% 개요: 1년차+2년차+3년차 (n=1549)

혈통정보 육종가 상위%	상위 0~25%	상위 25~50%	상위 50~75%	상위 75~100%	합계
경제형질					
근내지방도	434	756	344	15	1549
도체중	544	667	324	14	1549
등지방두께	240	713	467	129	1549
등심단면적	608	653	247	41	1549

- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 근내지방도가(육질 관련 경제형질) 434두, 상위 50% 이상이 총 1190두로, 전국 평균에 비해 월등히 우수한 근내지방도 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 도체중이 544두, 상위 50% 이상이 총 1211두로, 전국 평균에 비해 월등히 우수한 도체중 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 등지방두께가 240두, 상위 50% 이상이 총 953두로, 전국 평균에 비해 우수한 등지방두께 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 등심단면적이 608두, 상위 50% 이상이 총 1261두로, 전국 평균에 비해 월등히 우수한 등심단면적 형질을 보유한 것으로 분석됨

- 번식우 1차 혈통정보 기반 육종가 분석 개요 (표 4) (1년차+2년차+3년차 통합)

**표 4.** 번식우 혈통정보 기반 육종가 분석 경제형질 상위% 개요: 1년차+2년차+3년차 (n=1009)

혈통정보 육종가 상위%	상위 0~25%	상위 25~50%	상위 50~75%	상위 75~100%	합계
경제형질					
근내지방도	259	453	286	11	1009
도체중	286	451	233	39	1009
등지방두께	170	400	308	131	1009
등심단면적	224	403	280	102	1009

- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 근내지방도가(육질 관련 경제형질) 259두, 상위 50% 이상이 총 712두로, 전국 평균에 비해 월등히 우수한 근내지방도 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 도체중이 286두, 상위 50% 이상이 총 737두로, 전국 평균에 비해 월등히 우수한 도체중 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 등지방두께가 170두, 상위 50% 이상이 총 570두로, 전국 평균과 유사한 등지방두께 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 등심단면적이 224두, 상위 50% 이상이 총 627두로, 전국 평균에 비해 우수한 등심단면적 형질을 보유한 것으로 분석됨

### <거세우>

- 육질형 (고마블링) 사양: 근내지방도 추정 육종가 표준집단 대비 상위 70% 개체
- 육량형 (고성장) 사양: 도체중 추정 육종가 표준집단 대비 상위 30% 개체
- 거세우 1차 사양 방안 제시

### <암소>

- 육질형 송아지 생산 번식우 사양: 근내지방도 육종가 표준집단 대비 상위 70% 개체
- 육량형 송아지 생산 번식우 사양: 도체중 추정 육종가 표준집단 대비 상위 30% 개체
- 암소 1차 사양 방안 제시

## (2) 유전체 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 시스템 설계

- 개체별 DNA에 대한 고밀도 DNA SNP chip (Illumina Bovine 50K chip) 분석을 통한 대상우의 유전체 정보 자료 생산
  - 한우 표준 참조집단 (최종 16,972두 규모)을 이용하여 개체의 유전체 기반 육종가 추정 (gBLUP 모델 활용)
  - 표준 참조집단은 다양한 환경에서 사육된 대규모 개체수로 구성되어 있어서 유전적인 측면과 환경적 측면이 반영되어 있음
  - 대상우의 유전체 정보 생산(50K chip 자료)
    - ✓ 분석 개체의 모근 채취 후 DNA extraction kit로 DNA 추출
    - ✓ DNA chip 분석 가격이 고가(13만원/1두)인 점을 고려: 혈통정보 기반 육종가 추정 후 예산 범위 내에서 10~30% 개체를 대상으로 DNA chip을 분석하여 육종가 재확인
  - 유전체 육종가 분석
    - ✓ 거세우 축군으로부터 DNA 확보
      - \* 2차 유전체 기반 육종가 분석;  
1년차(고환): **48두**  
2년차(모근): D농장 32두, E농장 16두; **총 48두**  
3년차(모근): F농장 5두, H농장 19두; **총 24두**
    - ✓ 암소 축군으로부터 DNA 확보
      - \* 2차 유전체 기반 육종가 분석;  
2년차(모근): D농장 47두, E농장 1두; **총 48두**  
3년차(모근): F농장 4두, H농장 20두; **총 24두**
  - 유전체 기반 개체별 육종가 추정에 사용된 표준집단 통계량 정보 (**표 5, 표 6**)

표 5. 유전체 기반 육종가 추정에 사용한 표준집단의 도체성적 통계량

도체 성적	평균	표준편차
<b>1년차 (n=3,821)</b>		
근내지방도	3.26	1.55
도체중	360.3	40.31
등지방두께	8.86	3.693
등심단면적	81.17	9.108
<b>2년차 (n=12678)</b>		
근내지방도	6.05	1.83
도체중	439.61	51.25
등지방두께	14.29	4.91
등심단면적	95.14	12.03
<b>3년차 (n=16972)</b>		
근내지방도	5.945	1.853
도체중	441.193	50.94
등지방두께	14.263	4.925
등심단면적	95.813	12.21

표 6. 유전체 기반 육종가 추정에 사용한 표준집단의 육종가 통계량

항목	평균	표준편차
<b>1년차 (n=3,821)</b>		
근내지방도	0.000032	0.69
도체중	-0.00011	20.2
등지방두께	0.000019	1.60
등심단면적	0.000038	3.96
<b>2년차 (n=12678)</b>		
근내지방도	0.000	0.914
도체중	-0.001	24.992
등지방두께	0.004	2.209
등심단면적	-0.005	5.441
<b>3년차 (n=16972)</b>		
근내지방도	0.000	0.985
도체중	-0.005	26.709
등지방두께	0.000	2.334
등심단면적	0.001	5.862

- 한우 표준 참조집단을 이용한 개체의 유전체 기반 육종가 추정 (gBLUP 모델 활용) (표 5, 표 6)  
 VanRaden의 유전체형연관계행렬 프로그램을 이용하여 GRM을 작성하고, 개체간 유전체 분산-공분산 행렬과, 혈통정보를 이용하여 NRM을 작성한 후, 분산-공분산행렬을 이용하여 두 행렬의 상관계수 추정하여 혈통을 보정하고, GRM을 개체모형에 아래와 같이 설정

하여 육종가를 추정함.

$$Y = Xb + Zu + e$$

여기서, Y는 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도이며, Xb는 평균값과 또다른 고정효과(출생년도·계절, 후대검정 차수 및 출하시 연령)이고, Z는 개체의 유전자형을 나타내는 incidence matrix이고, u는 각 개체의 유전자형의 상가적 효과를 나타냄. 그러므로, Zu는 육종가를 의미함.

선발집단의 육종가는 아래와 같은 혼합선형 모형식으로 계산함.

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & ZZ' + G^{-1}\lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

여기서, Xb는 평균값과 또다른 고정효과(출생년도·계절, 후대검정 차수 및 출하시 연령)이고, Z는 총 마커수를 m으로 하고 유전자형 결정된 개체수를 n으로하는 행렬이고, VanRaden의 수식으로 유도한 유전자형관계행렬(GRM)임.

✓ 정확도 50-60%로 육종가가 예측되어 혈통기반 육종가보다 10% 높은 것으로 추정됨

- 개체별 유전체 기반 육종가 표준화후 표준집단 대비 상위 % 선발
  - 한우 유전체 기반 육종가 추정용 참조집단 (1년차: 3,821두, 2년차: 12,678두, 3년차: 16,972두 활용)
  - 사양실험 대상우의 유전체 정보 생산 및 개체의 유전체 정보를 이용한 유전평가(gBLUP)
  - 육질: 근내지방도; 육량: 등심단면적, 도체중, 등지방두께 (수치 낮을수록 상위)
  - 거세우 2차 유전체 기반 육종가 분석 개요 (표 7) (1년차+2년차+3년차 통합)

표 7. 거세우 유전체 기반 육종가 분석 경제형질 상위% 개요: 1년차+2년차+3년차 (n=120)

경제형질 \ 유전체 육종가 상위%	상위 %				
	상위 0~25%	상위 25~50%	상위 50~75%	상위 75~100%	합계
근내지방도	25	41	33	21	120
도체중	25	42	39	14	120
등지방두께	24	46	33	17	120
등심단면적	33	31	39	17	120

- ✓ 총 1549두 중 분석이 진행된 120두에 국한함
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 근내지방도가(육질 관련 경제형질) 25두, 상위 50% 이상이 66두로, 전국 평균과 유사한 근내지방도 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 도체중이 25두, 상위 50% 이상이 67두로, 전국 평균과 유사한 도체중 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 등지방두께가 24두, 상위 50% 이상이 70두로, 전국 평균에 비해 우수한 등지방두께 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 등심단면적이 33두, 상위 50% 이상이 64두로, 전국 평균과 유사한 등심단면적 형질을 보유한 것으로 분석됨

- 암소 2차 유전체 기반 육종가 분석 개요 (표 8) (2년차+3년차 통합)

표 8. 번식우 유전체 기반 육종가 분석 경제형질 상위% 개요 (n=72)

유전체 육종가 상위%	상위 0~25%	상위 25~50%	상위 50~75%	상위 75~100%	합계
경제형질					
근내지방도	21	24	12	15	72
도체중	16	25	22	9	72
등지방두께	21	17	23	11	72
등심단면적	15	27	17	13	72

- ✓ 총 1009두 중 분석이 진행된 72두에 국한함
- ✓ 표준 집단 대비 상위 50% 이상 근내지방도가(육질 관련 경제형질) 45두, 상위 50~100% 이상이 27두로, 전국 평균에 비해 우수한 근내지방도 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 50% 이상 도체중이 41두, 상위 50~100% 이상이 31두로, 전국 평균에 비해 우수한 도체중 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 50% 이상 등지방두께가 38두, 상위 50~100% 이상이 34두로, 전국 평균과 유사한 등지방두께 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 50% 이상 등심단면적이 42두, 상위 50~100% 이상이 30두로, 전국 평균에 비해 우수한 등심단면적 형질을 보유한 것으로 분석됨

- 유전체 기반 육종가에 의한 개체별 경제형질에 대한 최종 사양 방안 제시
  - 육질형 사양: 근내지방도 추정 육종가 표준집단 대비 상위 70% 개체
  - 육량형 사양: 도체중 추정 육종가 표준집단 대비 상위 30% 개체
  - 2차 사양 방안 제시
- 거세우 1차 혈통정보 기반 및 2차 유전체 기반 육종가 분석 통합 활용

### (3) 거세우 성장단계별 정밀사양 사료 프로그램 설계

#### (가) 거세우 성장단계별 정밀사양 사료 프로그램 설계

- 육질형 정밀사양 프로그램: 관행 육질형 사양대비 고급육 출현을 증진 목표
- 육량형 정밀사양 프로그램: 관행 육질형 사양과 비교하여 성장률 및 육량 개선 및 조기 출하 목표
- 육질형 정밀사양 성장단계별 사료 프로그램 설계
  - 육질형 국내 평균 관행 사양프로그램 적용
- 육량형 정밀사양 성장단계별 사료 프로그램 설계; 육질형 사양과 비교하여 성장률 및 육량 개선 및 조기 출하 목표 달성을 위한 사료 프로그램 설정 (표 9)
  - 전반적으로 조기 출하 성장 증진을 위해 육질형보다 사료 단백질 수준 상향, 사료 에너지 수준 하향 조정 (그림 7)
    - 육성기: 단백질 상향, 에너지 유사한 수준
    - 비육전기: 단백질 상향, 에너지 하향
    - 비육후기: 단백질 상향, 에너지 하향

- 정밀사양 적용 농장의 조사료 종류 및 조농비 상황에 따라 유형별 사료 단백질의 수준 및 에너지 수준 조정
- 성장단계에 적합한 사양관리도 함께 제공
  - 성장단계에 적합한 입식, 거세 및 제각 시기
    - ✓ 입식: 6개월령
    - ✓ 거세 및 제각: 7개월령 (입식 후 1개월 후)
    - ✓ 우사 규격: 4 X 8 = 4~5두
  - 성장단계에 적합한 질병 관리
    - ✓ 질병 관리: 구충-입식후 1개월후 + 봄/가을 각 1회씩, 및 질병 예방 백신접종(구제역백신 6개월 단위 접종) 등

표 9. 한우 거세우 정밀사양 유형별 성장 단계별 영양소 공급량<sup>a</sup>

구분	육질형	육량형 (저에너지/고단백사료)	육질형 대비 육량형 특징
<b>농후사료 섭취량 및 영양소 수준</b>			
<b>육성기</b>			
DM 섭취량, kg/d	7.0	7.2	2.8% 상향
TDN, %	71.6	72.0	0.6% 하향
CP, %	14.3	15.5	8.3% 상향
<b>비육전기</b>			
DM 섭취량, kg/d	9.6	9.6	동일
TDN, %	74.7	73.5	1.1% 하향
CP, %	13.3	14.0	5.3% 상향
<b>비육후기</b>			
DM 섭취량, kg/d	9.5	9.5	동일
TDN, %	77.8	75.5	3.0% 하향
CP, %	11.8	12.5	5.9% 상향
TDN/CP 비율	6.6	6.1	
ME/MP 비율	32.6	32.9	

<sup>a</sup>정밀사양 적용 농장의 조사료 및 조농비 상황에 따라 조정 가능

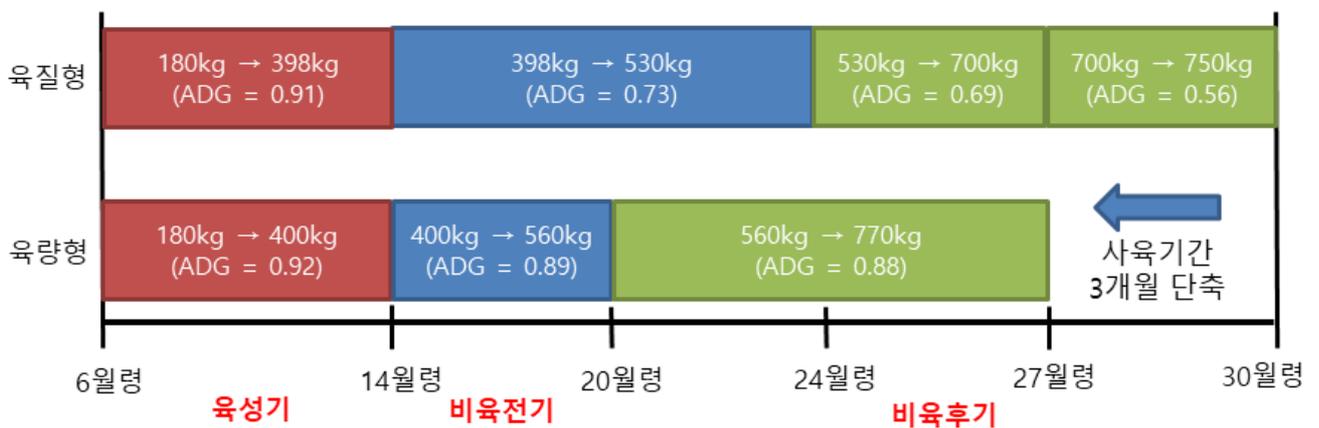


그림 7. 한우 거세우 정밀사양 유형별 성장단계별 영양소 공급량

나. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 검증

(1) 혈통정보 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가

(가) 혈통정보 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가 방법

- 4개 형질에 대하여 개체별 혈통정보 기반 육종가 추정 및 표준화 육종가 산출
  - 개체별 근내지방도, 도체중, 등지방두께, 등심단면적의 혈통정보 기반 육종가 추정
    - ✓ 도축우 혈통정보 분석 (1년차: 445두, 2년차: 553두, 3년차: 1220두; **통합: 2218두**)
  - 혈통정보 육종가 추정 및 표준화 육종가 산출 시 ssBLUP(ASReml-R) 통계모델에 사용된 표준집단의 혈통정보 육종가 통계량 (**표 1**)
- 한우 표준집단(표현형 및 혈통정보 보유)을 이용한 대상우의 유전평가
  - 한우 표준집단의 표현형 통계량 (**표 2**)
- 개체별 추정 육종가에 대하여 표준화 후 한우 표준집단 통계치 대비 상위 % 산출
  - 도축우 혈통정보 기반 육종가의 표준집단 통계치 대비 상위 % 개요 (**표 10**)

표 10. 도축우 혈통정보 기반 육종가 분석 경제형질 상위% 개요: 2년차 + 3년차

혈통정보 육종가 상위%	경제형질				
	상위 0~25%	상위 25~50%	상위 50~75%	상위 75~100%	합계
<b>2년차 (n=553)</b>					
근내지방도	75	235	206	37	553
도체중	139	279	119	16	553
등지방두께	84	206	167	96	553
등심단면적	143	232	157	21	553
<b>3년차 (n=1220<sup>a</sup>)</b>					
근내지방도	139	608	416	57	1220
도체중	330	576	293	21	1220
등지방두께	215	475	427	103	1220
등심단면적	350	573	251	46	1220
<b>통합분석 (n=1773)</b>					
근내지방도	214	843	622	94	1773
도체중	469	855	412	37	1773
등지방두께	299	681	594	199	1773
등심단면적	493	805	408	67	1773

<sup>a</sup>총 1482두 중 혈통정보가 존재하지 않는 262두 제외

- ✓ 총 1773두에 대한 자료임
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 **근내지방도**(육질 관련 경제형질) 214두, 상위 50% 이상 이 총 1057두로, 전국 평균에 비해 **우수한 근내지방도 형질을 보유한 것으로 분석됨**
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 **도체중**이 469두, 상위 50% 이상이 총 1324두로, 전국 평균에 비해 **월등히 우수한 도체중 형질을 보유한 것으로 분석됨**

- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 등지방두께가 299두, 상위 50% 이상이 총 980두로, 전국 평균과 유사한 등지방두께 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 등심단면적이 493두, 상위 50% 이상이 총 1298두로, 전국 평균에 비해 월등히 우수한 등심단면적 형질을 보유한 것으로 분석됨

- 개체별 실측 경제형질 자료 수집: 체중, 증체량, 도체 육질 및 육량 등급 자료
  - (표 10)의 총 개체 1773두에 대하여 도체중, 등지방두께, 근내지방도, 등심단면적, 육질등급, 육량등급 자료 확보
- 개체별 실측 도체성적에 대하여 축산물품질평가원 전년도 통계치 대비 상위 % 산출 (표 11)

표 11. 실측 도체성적과 축산물품질평가원 전년도 자료 대비 상위% 개요

도체성적	도축 통계 자료 대비 상위 %	상위 0~25%	상위 25~50%	상위 50~75%	상위 75~100%	합계
	<b>2년차 (2018년 도축 통계자료 대비)</b>					
근내지방도		79	226	102	146	553
도체중		190	160	116	87	553
등지방두께		125	129	124	175	553
등심단면적		107	105	147	194	553
<b>3년차 (2020년 도축 통계자료 대비)</b>						
근내지방도		156	493	187	384	1220
도체중		260	267	299	394	1220
등지방두께		268	326	274	352	1220
등심단면적		218	245	338	419	1220
<b>통합분석 (2020년 도축 통계자료 대비)</b>						
근내지방도		235	719	289	530	1773
도체중		450	427	415	481	1773
등지방두께		393	455	398	527	1773
등심단면적		325	350	485	613	1773

- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 근내지방도가 235두, 상위 50% 이상이 총 954두로, 전국 평균보다 우수한 근내지방도 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 도체중이 450두, 상위 50% 이상이 총 877두로, 전국 평균과 유사한 도체중 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 등지방두께가 393두, 상위 50% 이상이 총 848두로, 전국 평균과 유사한 등지방두께 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 등심단면적이 325두, 상위 50% 이상이 총 675두로, 전국 평균보다 낮은 등심단면적 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 한우 혈통정보 육종가의 상위 % 분석에 사용한 표준집단 통계치(충남대학교 제공)보다

축산물품질평가원의 통계치를 기반으로 한 실측 도체성적 상위 %의 성적이 차이가 나는 이유는 서로 다른 표준집단을 사용했기 때문으로 추정되며, 또한 혈통정보 육종가의 정확도가 45% 정도인 점도 고려해야 할 것으로 추정됨

(나) 개체별 육종가 상위 %와 도체성적 상위 %의 연관성을 분석하여 조기진단 적합성 평가

- 도축우의 4개의 경제형질(도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도)에 대한 육종가 상위 %와 실측 도체성적 상위 % 자료와 상관분석 진행 (표 12)

표 12. 혈통정보 육종가 상위%와 도체성적 상위% 상관분석 결과

경제형질 항목	Pearson 상관계수
<b>2년차 (n=553)</b>	
도체중 (carcass weight; CW)	0.23***
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.16***
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.27***
근내지방도 (marbling score; MS)	0.15***
<b>3년차 (n=1220)</b>	
도체중 (carcass weight; CW)	0.17***
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.14***
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.19***
근내지방도 (marbling score; MS)	0.21***
<b>2년차+3년차 통합 (n=1773)</b>	
도체중 (carcass weight; CW)	0.19***
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.15***
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.21***
근내지방도 (marbling score; MS)	0.19***

\*\*\*: P < 0.001

- ✓ 총 1773두 분석결과
- ✓ 네 개의 경제형질에 대하여 혈통정보 육종가 상위 %와 도체성적 상위 % 사이에 정의 상관관계를 보임
- ✓ 혈통정보 기반 육종가를 이용하여 실측 경제형질을 추정하는 것에 대한 근거 확보

(다) 육종가로 정밀사양 설계를 하는 것에 대한 근거를 확보하기 위하여 혈통정보 육종가와 실측 도체성적 간의 상관분석 실시

- 도축우의 혈통정보 육종가와 실측 도체성적 사이의 상관분석 진행 (표 13)

표 13. 혈통정보 육종가와 실측 도체성적의 Pearson 상관분석 결과

경제형질 항목	Pearson 상관계수
<b>1년차 (n=445)</b>	
도체중 (carcass weight; CW)	0.15**
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.14**
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.16**
근내지방도 (marbling score; MS)	0.16**
<b>2년차 (n=553)</b>	
도체중 (carcass weight; CW)	0.21***
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.19***
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.29***
근내지방도 (marbling score; MS)	0.16***
<b>3년차 (n=1220)</b>	
도체중 (carcass weight; CW)	0.16***
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.12***
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.17***
근내지방도 (marbling score; MS)	0.06*
<b>1년차+2년차+3년차 통합 (n=2218)</b>	
도체중 (carcass weight; CW)	0.17***
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.11***
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.20***
근내지방도 (marbling score; MS)	0.15***

\*: P < 0.05; \*\*: P < 0.01; \*\*\*: P < 0.001

- ✓ 총 2218두 분석결과
- ✓ 네 개의 혈통정보 육종가 모두 각각의 네 개의 도체정보와 정의 상관관계를 보임
- ✓ 혈통정보 기반 육종가를 이용하여 실측 경제형질을 추정하는 것에 대한 근거 확보
- ✓ 근내지방도 혈통정보 기반 육종가 상관계수가 3년차 때 0.06으로 낮은 이유에는 혈통정보 육종가의 낮은 정확도가 원인이 될 수도 있고, 근내지방도와 같은 다인자 유전형질을 분석하기에는 개체 수가 상대적으로 적은 것이 원인이 될 수 있을 것으로 보임
- ✓ 1년차+2년차+3년차 통합 시 도체중은 0.17, 등심단면적은 0.11, 등지방두께 0.20, 근내지방도 0.15의 유의적인 상관계수를 보임
- ✓ 결론적으로, 혈통정보 육종가로 실측 도체성적을 유추하는 것에 어느 정도의 상관계수를 보이며, 혈통정보 육종가의 활용 가능성을 제시

(라) 번식우의 혈통정보 육종가와 자손의 도체성적 사이의 상관분석 (표 14)

표 14. 혈통정보 육종가와 자손의 도체성적 간의 상관분석 결과(n=412)

경제형질 항목	Pearson 상관계수
도체중 (Carcass weight; CW)	0.13*
근내지방도 (marbling score; MS)	0.11*

\*:  $P < 0.01$

- 총 412두의 분석결과임
- 번식우 도체중, 근내지방도 혈통정보 육종가와 그 자손의 도체성적 사이에 약한 상관관계를 보임
- 결과가 유의적인 상관계수를 보이지만, 분석 개체 수가 상대적으로 낮으므로 상관계수가 비교적 낮게 나온 것으로 추정

(2) 유전체 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가

(가) 유전체 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가 방법

- 개체별 DNA에 대한 고밀도 DNA SNP chip (Illumina Bovine 50K chip) 분석을 통한 대상우의 유전체 정보 자료 생산
- 한우 표준 참조집단 (3,821두 규모)을 이용하여 개체의 유전체 기반 육종가 추정 (gBLUP 모델 활용)
  - 거세우 48두에 대하여 근내지방도, 도체중, 등심단면적, 등지방두께 육종가 추정 완료 (1차년도)
- 4개 형질에 대하여 개체별 유전체 기반 육종가 표준화 후 표준집단 대비 상위 % 산출 분석
  - 거세우 48두에 대하여 근내지방도, 도체중, 등심단면적, 등지방두께의 표준집단 대비 상위 % 산출 완료 (1차년도)
- 개체별 실측 경제형질 자료 수집
  - 체중, 도체 육질 및 육량 등급 자료 수집 완료 (1차년도에 분석한 48두 중 2두는 폐사하여, 3차년도에 46두만 도축되었음)
- 개체별 실측 도체성적의 축산물품질평가원 전년도 통계치 대비 상위 % 산출 분석 진행 (표 15)

표 15. 실측 도체성적과 2020년 도축 통계자료 대비 상위% 개요

2020년 도축 통계 자료 대비 상위 % 도체성적	상위 0~25%	상위 25~50%	상위 50~75%	상위 75~100%	합계
근내지방도	8	13	4	21	46
도체중	8	5	17	16	46
등지방두께	6	11	9	20	46
등심단면적	4	8	18	16	46

- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 근내지방도가 8두, 상위 50% 이상이 총 21두로, 전국 평균과 유사한 근내지방도 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 도체중이 8두, 상위 50% 이상이 총 13두로, 전국 평균보다 낮은 도체중 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 등지방두께가 6두, 상위 50% 이상이 총 17두로, 전국 평균보다 낮은 등지방두께 형질을 보유한 것으로 분석됨
- ✓ 표준 집단 대비 상위 25% 이상 등심단면적이 4두, 상위 50% 이상이 총 12두로, 전국 평균보다 낮은 등심단면적 형질을 보유한 것으로 분석됨

(나) 유전체 기반 육종가 상위 %와 도체성적 상위 %의 연관성을 분석하여 조기진단 적합성 평가 분석

- 도축우의 4개의 경제형질(도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도)에 대한 육종가 상위 %와 실측 도체성적 상위 % 자료 사이의 상관분석 진행 (표 16)

표 16. 유전체 육종가 상위%와 도체성적 상위% 상관분석 결과 (n=46);

경제형질 항목	Pearson 상관계수
도체중 (carcass weight; CW)	0.32*
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.06
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.39**
근내지방도 (marbling score; MS)	0.16

\*: P < 0.05; \*\*: P < 0.01

- ✓ 총 46두 분석결과
- ✓ 네 개의 경제형질에 대하여 유전체 육종가 상위 %와 도체성적 상위 % 사이에 정의 상관관계를 보임
- ✓ 유전체 정보 기반 육종가를 이용하여 실측 경제형질을 추정하는 것에 대한 근거 확보
- ✓ 도체중과 등지방두께에서만 유의적인 상관계수를 가졌고, 이는 적은 개체 수가 원인인 것으로 보임

(다) 거세우의 혈통정보 육종가와 유전체 육종가 사이의 상관분석 (표 17)

표 17. 거세우의 혈통정보 육종가와 유전체 육종가 간의 상관분석 결과: 1년차+2년차+3년차 통합 분석 (n=119)

경제형질 항목	Pearson 상관계수
<b>1년차 (n=47)</b>	
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.62***
도체중 (carcass weight; CW)	0.65***
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.58***
근내지방도 (marbling score; MS)	0.47**
<b>2년차 (n=48)</b>	
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.48**
도체중 (carcass weight; CW)	0.53***
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.50***
근내지방도 (marbling score; MS)	0.29*
<b>3년차 (n=24)</b>	
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.52**
도체중 (carcass weight; CW)	0.26
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.22
근내지방도 (marbling score; MS)	0.52**
<b>1년차+2년차+3년차 통합 (n=119)</b>	
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.44***
도체중 (carcass weight; CW)	0.49***
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.29**
근내지방도 (marbling score; MS)	0.44***

\*: P < 0.05; \*\*: P < 0.01; \*\*\*: P < 0.001

- 총 119두의 분석결과임 (1년차의 48두 중 1두의 혈통정보가 존재하지 않음)
- 거세우 등심단면적, 도체중, 등지방두께, 근내지방도의 혈통정보 육종가와 유전체 육종가 사이에 중간 정도의 상관관계를 보임
- 혈통정보 육종가와 유전체 육종가 간의 상관관계가 존재하므로 상호보완적으로 사용 가능할 것으로 보임

(라) 번식우의 혈통정보 육종가와 유전체 육종가 사이의 상관분석 (표 18)

표 18. 번식우의 혈통정보 육종가와 유전체 육종가 간의 상관분석 결과: 2년차+3년차 통합 분석 (n=72)

경제형질 항목	Pearson 상관계수
<b>2년차 (n=48)</b>	
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.24*
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.29**
근내지방도 (marbling score; MS)	0.34**
<b>3년차 (n=24)</b>	
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.22
도체중 (carcass weight; CW)	0.29
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.33
근내지방도 (marbling score; MS)	0.35**
<b>2년차+3년차 통합 (n=72)</b>	
등심단면적 (eye muscle area; EMA)	0.27**
도체중 (carcass weight; CW)	0.19
등지방두께 (backfat thickness; BFT)	0.28**
근내지방도 (marbling score; MS)	0.29**

\*:  $P < 0.1$ ; \*\*:  $P < 0.05$

- 총 72두의 분석결과임
- 번식우 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도의 혈통정보 육종가와 유전체 육종가 사이에 상관관계를 보임
- 번식우 도체중 혈통정보 육종가와 유전체 육종가 사이의 상관관계에 여전히 유의성이 나타나지 않은 이유는 개체 수 부족으로 추정 ( $P=0.11$ )

다. 한우 유전 정보 기반 정밀사양기술 서비스

(1) 거세우 유전 정보 기반 정밀사양기술 서비스 시행

(가) 거세우 유전 정보 기반 정밀사양 기술 서비스 개요 (그림 8)

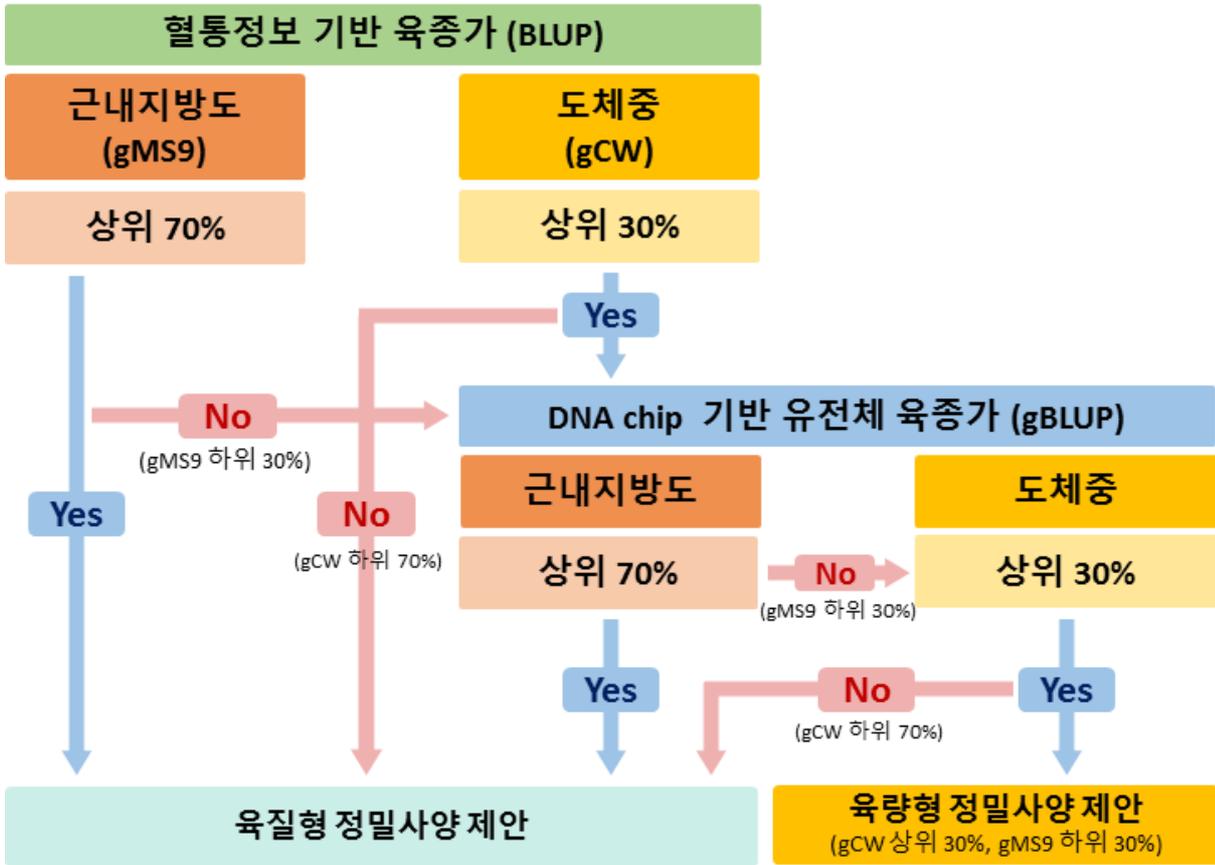


그림 8. 한우 거세우 유전 정보 기반 정밀사양 프로그램 서비스 flow chart

- 한우 유전 정보 기반 정밀사양 기술 서비스 개요 (그림 9)

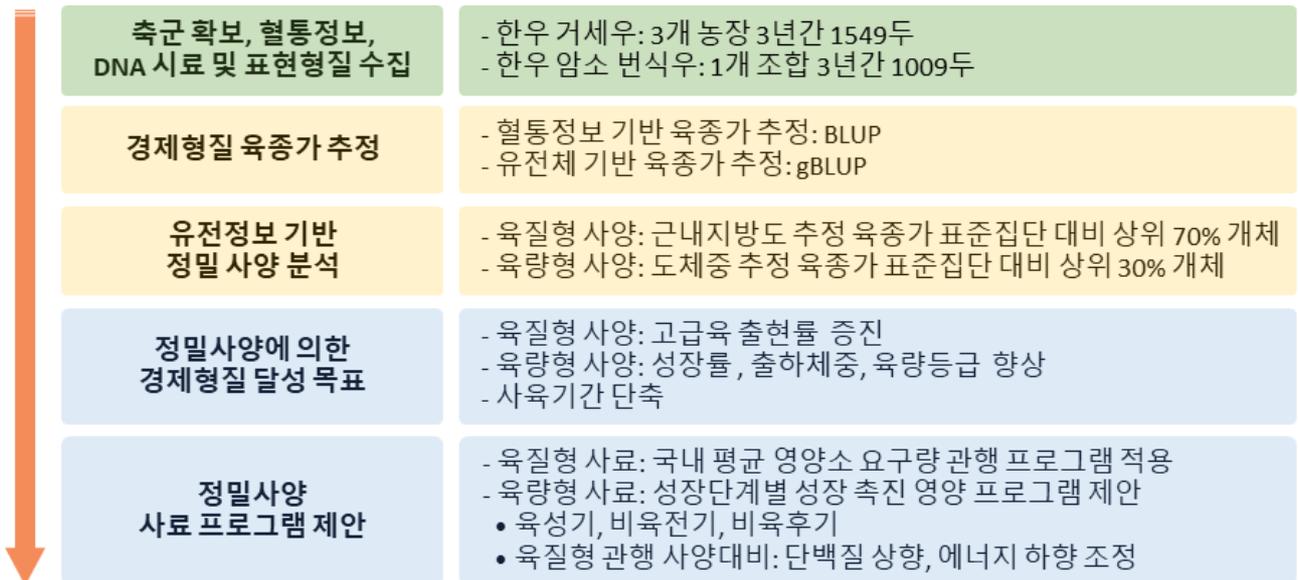


그림 9. 유전정보 기반 정밀 사양 농가 서비스 개요

(나) 혈통정보 기반 육종가 추정 및 정밀사양 제안

- ssBLUP(ASReml-R) 통계 모델을 이용하여 4개 형질에 대한 혈통정보 육종가 추정
- 개체별 육종가 표준화후 모집단 (1년차: 57,000두, 2-3년차: 545,483두) 대비 상위% 산출

- 육질: 근내지방도, 육량: 등심단면적, 도체중, 등지방두께 (수치 낮을수록 상위)
- 혈통정보 육종가 추정 시 ssBLUP(ASReml-R) 통계모델에 사용된 표준집단의 혈통정보 육종가 통계량 (표 1)
- 혈통정보 기반 BLUP 추정 육종가에 의한 정밀사양 제안
- 육질형 정밀사양: 근내지방도 육종가 표준집단 대비 상위 70% 개체 (최종)
  - ✓ 현재 고급육 정책으로 육질형 사양이 유리한 실정이므로 70%를 육질형 사양 으 로 제안
- 육량형 정밀사양: 도체중 추정 육종가 표준집단 대비 상위 30% 개체
- 육질형·육량형 모두에 속하면 육질형 사양 제안: 현재 고급육 사양이 농가 소득에 유리한 상황
- 1차 혈통정보 기반 육종가 분석 개요 (표 19)

표 19. 거세우 혈통정보 기반 육종가 분석 경제형질 상위% 개요

혈통정보 육종가 상위%	상위 0~25%	상위 25~50%	상위 50~75%	상위 75~100%	합계
<b>경제형질</b>					
<b>1년차 (n=392)</b>					
근내지방도	265	102	25	0	392
도체중	216	123	42	11	392
등지방두께	114	157	81	40	392
등심단면적	232	129	27	4	392
<b>2년차 (n=863)</b>					
근내지방도	126	490	235	12	863
도체중	244	410	206	3	863
등지방두께	96	420	288	59	863
등심단면적	281	398	157	27	863
<b>3년차 (n=294)</b>					
근내지방도	43	164	84	3	294
도체중	84	134	76	0	294
등지방두께	30	136	98	30	294
등심단면적	95	126	63	10	294
<b>1년차+2년차+3년차 통합 (n=1549)</b>					
근내지방도	434	756	344	15	1549
도체중	544	667	324	14	1549
등지방두께	240	713	467	129	1549
등심단면적	608	653	247	41	1549

- 1년차 1차 혈통정보 기반 정밀사양/개량 서비스 결과
  - ✓ 총 404두 중 12두의 소는 혈통정보가 없으므로 12두에 대한 판단은 어려움
  - ✓ 육질형 비육우 사양 판단 기준인 근내지방도 상위 0~70%에 거세우 392두가 해당하므로

“육질형 비육우” 로 사양 추천

- 2년차 1차 혈통정보 기반 정밀사양/개량 서비스 결과
  - ✓ 육질형 비육우 사양 판단 기준인 근내지방도 상위 0~70%에 거세우 817두가 해당하므로 “육질형 비육우” 로 사양 추천
  - ✓ 육량형 비육우 사양 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 상위 30%에 거세우 6두가 해당하므로 “육량형 비육우” 로 사양 추천
  - ✓ 저육질 저육량 개체 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 하위 70%에 거세우 40두가 해당하므로 “저육질 저육량 개체” 로 사양 추천
- 3년차 1차 혈통정보 기반 정밀사양/개량 서비스 결과
  - ✓ 육질형 비육우 사양 판단 기준인 근내지방도 상위 0~70%에 거세우 280두가 해당하므로 “육질형 비육우” 로 사양 추천
  - ✓ 육량형 비육우 사양 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 상위 30%에 거세우 3두가 해당하므로 “육량형 비육우” 로 사양 추천
  - ✓ 저육질 저육량 개체 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 하위 70%에 거세우 11두가 해당하므로 “저육질 저육량 개체” 로 사양 추천
- 1차 혈통정보 기반 정밀사양/개량 서비스 통합 결과
  - ✓ 육질형 비육우 사양 판단 기준인 근내지방도 상위 0~70%에 거세우 1,489두가 해당하므로 “육질형 비육우” 로 사양 추천
  - ✓ 육량형 비육우 사양 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 상위 30%에 거세우 9두가 해당하므로 “육량형 비육우” 로 사양 추천
  - ✓ 저육질 저육량 개체 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 하위 70%에 거세우 51두가 해당하므로 “저육질 저육량 개체” 로 사양 추천

(다) 유전체 기반 육종가 추정 및 정밀사양 제안

- 모근 채취 후 DNA extraction 하여 DNA 추출
- 고밀도 SNP chip (Illumina bovine SNP 50k chip v.3)을 이용하여 유전체 탐색
- gBLUP 통계 모델을 이용하여 4개 형질에 대한 유전체 육종가 추정
- 개체별 육종가 표준화후 모집단 (1년차: 상업축 3,821두, 2년차: 상업축 12,678두, 3년차: 상업축 16,972두) 대비 상위 % 산출
- 육질: 근내지방도; 육량: 등심단면적, 도체중, 등지방두께 (수치 낮을수록 상위)
- 유전체 육종가 추정 시 gBLUP통계 모델에 사용된 표준집단의 도체성적 통계량 (표 5 참조)
- 유전체 육종가 추정 시 gBLUP 통계 모델에 사용된 표준집단의 유전체 육종가 통계량 (표 6 참조)
- 혈통정보 기반 근내지방도 추정 육종가 하위 30% 및 도체중 추정 육종가 상위 30% 개체에 국한하여 DNA chip 분석으로 유전체 정보를 획득한 후 육종가를 추정하여 아래와 같이 최종 정밀사양 제안
- 근내지방도 유전체 기반 육종가에 의한 정밀사양 제안
  - ✓ 혈통정보 기반 근내지방도 육종가 하위 30% 개체에 대하여 유전체 육종가 추정
  - ✓ 유전체 기반 근내지방도 육종가가 상위 70%에 속할 경우 최종 육질형 사양 제안

- ✓ 유전체 기반 근내지방도 육종가가 하위 30%에 속하고 도체중 육종가가 상위 30%이면 육량형 사양 제안
- 도체중 유전체 기반 육종가에 의한 정밀사양 제안
  - ✓ 혈통정보 기반 도체중 육종가 상위 30% 개체에 대하여 유전체 기반 육종가 추정
  - ✓ 유전체 기반 도체중 육종가가 상위 30%이고, 근내지방도 육종가가 하위 30%일 경우 육량형 사양 최종 제안
  - ✓ 유전체 기반 도체중 육종가가 하위 70%에 속할 경우 육질형 사양 최종 제안
- 2차 유전체 기반 육종가 분석 개요 (표 20)

표 20. 거세우 유전체 기반 육종가 분석 경제형질 상위% 개요 (n=48)

유전체 육종가 상위%	상위 0~25%	상위 25~50%	상위 50~75%	상위 75~100%	합계
<b>경제형질</b>					
<b>1년차(n=48)</b>					
근내지방도	5	21	18	4	48
도체중	7	11	23	7	48
등지방두께	5	18	17	8	48
등심단면적	7	17	18	6	48
<b>2년차(n=48)</b>					
근내지방도	13	15	9	11	48
도체중	14	19	12	3	48
등지방두께	16	18	9	5	48
등심단면적	20	10	14	4	48
<b>3년차 (n=24)</b>					
근내지방도	7	5	6	6	24
도체중	4	12	4	4	24
등지방두께	3	10	7	4	24
등심단면적	6	4	7	7	24
<b>1년차+2년차+3년차 통합 (n=120)</b>					
근내지방도	25	41	33	21	120
도체중	25	42	39	14	120
등지방두께	24	46	33	17	120
등심단면적	33	31	39	17	120

- 1년차 2차 유전체 기반 정밀사양/개량 서비스 결과
  - ✓ 육질형 비육우 사양 판단 기준인 근내지방도 상위 0~70%에 거세우 41두가 해당하므로 “육질형 비육우” 로 사양 추천
  - ✓ 혈통정보를 확인할 수 없었던 1두는 유전체 육종가 분석 결과 근내지방도 상위 0~70% 거세우 41두에 포함되므로, “육질형 비육우” 로 사양 추천
  - ✓ 근내지방도 상위 70~100% 이면서, 도체중 상위 30~100%인 거세우 7두는 육질형 기준 및 육량형 기준에 모두 미달하는 “저육질, 저육량 개체” 로 사양 추천
- 2년차 2차 유전체 기반 정밀사양/개량 서비스 결과
  - ✓ 육질형 비육우 사양 판단 기준인 근내지방도 상위 0~70%에 거세우 36두가 해당

- 하므로 “**육질형 비육우**” 로 사양 추천
- ✓ 육량형 비육우 사양 판단 기준인 **근내지방도 하위 30%, 도체중 상위 30%**에 거세우 5두가 해당하므로 “**육량형 비육우**” 로 사양 추천
  - ✓ 저육질 저육량 개체 판단 기준인 **근내지방도 하위 30%, 도체중 하위 70%**에 거세우 7두가 해당하므로 “**저육질 저육량 개체**” 로 사양 추천
- **3년차 2차 유전체 기반 정밀사양/개량 서비스 결과**
    - ✓ 육질형 비육우 사양 판단 기준인 **근내지방도 상위 0~70%**에 거세우 17두가 해당하므로 “**육질형 비육우**” 로 사양 추천
    - ✓ 육량형 비육우 사양 판단 기준인 **근내지방도 하위 30%, 도체중 상위 30%**에 거세우 2두가 해당하므로 “**육량형 비육우**” 로 사양 추천
    - ✓ 저육질 저육량 개체 판단 기준인 **근내지방도 하위 30%, 도체중 하위 70%**에 거세우 5두가 해당하므로 “**저육질 저육량 개체**” 로 사양 추천
  - **2차 유전체 기반 정밀사양/개량 서비스 1,2,3년차 통합 결과**
    - ✓ 육질형 비육우 사양 판단 기준인 **근내지방도 상위 0~70%**에 거세우 94두가 해당하므로 “**육질형 비육우**” 로 사양 추천
    - ✓ 육량형 비육우 사양 판단 기준인 **근내지방도 하위 30%, 도체중 상위 30%**에 거세우 7두가 해당하므로 “**육량형 비육우**” 로 사양 추천
    - ✓ 저육질 저육량 개체 판단 기준인 **근내지방도 하위 30%, 도체중 하위 70%**에 거세우 19두가 해당하므로 “**저육질 저육량 개체**” 로 사양 추천

(라) 정밀사양 서비스 시기 및 정밀사양 프로그램 적용 시기 제안

- 정밀사양 판정 서비스 시기: 6 - 12개월령 사이 조기 진단
- 정밀사양 프로그램 적용 시기: 가급적 육성기부터 적용 권장, 농가 사정에 따라 비육전기, 비육 후기에 적용

(마) 정밀사양 서비스 제공 결과 종합 (표 21)

표 21. 1차 혈통정보 기반 및 2차 유전체 기반 육종가 분석 통합 서비스 결과

정밀사양 제안	연 차			합계 (비율%)
	1년차	2년차	3년차	
육질형 비육우 사양 추천	386	817	276	1,479 (95.4)
육량형 비육우 사양 추천	0	6	4	10 (0.6)
저육질 저육량 개체	7	40	14	61 (3.9)

- ✓ 거세우 육질형 비육우 사양 추천 개체는 95.5% 총 1,479두 제안
- ✓ 거세우 육량형 비육우 사양 추천 개체는 0.6% 총 10두 제안
- ✓ 거세우 저육질 저육량 개체는 3.9% 총 61두 제안

(2) 암소 번식우 유전 정보 기반 선발기술 서비스 시행

(가) 암소 번식우 유전 정보 기반 선발기술 서비스 개요 (그림 10)

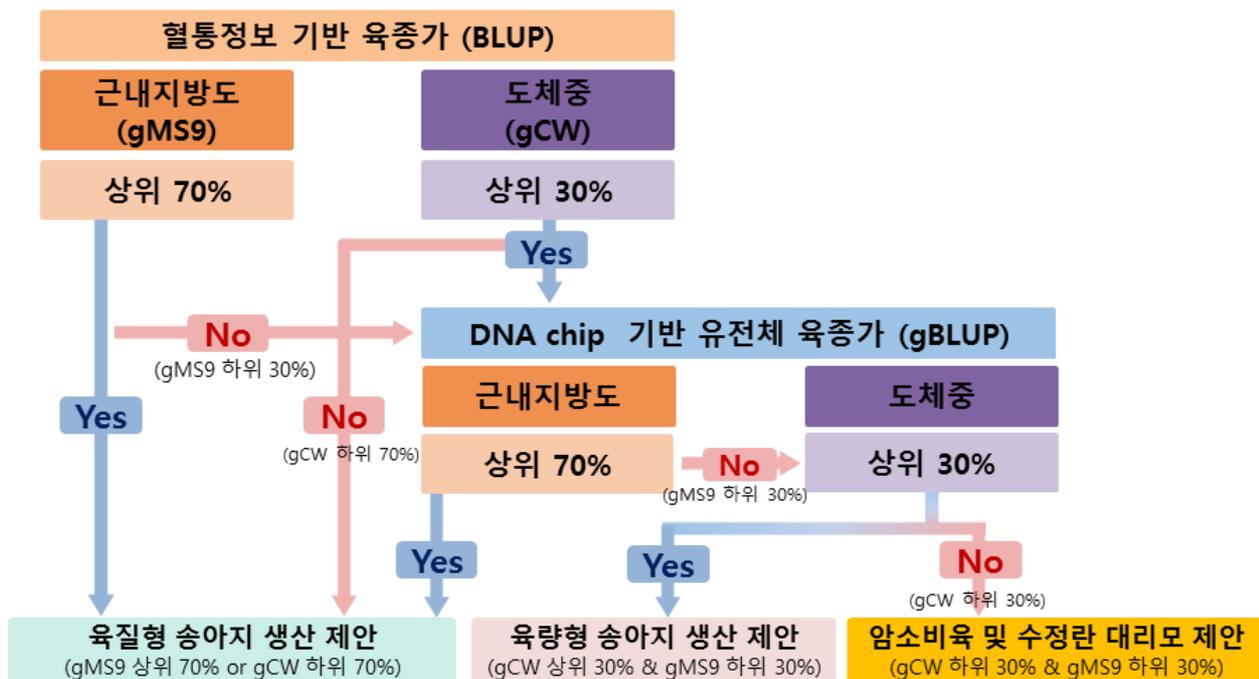


그림 10. 한우 암소 번식우 유전정보 기반 정밀사양/개량(선발기술) 프로그램 서비스 flow chart

- 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스 개요는 (그림 9) 참조

(나) 혈통정보 기반 육종가 추정 및 정밀사양/개량 방안 서비스 제안

- 혈통정보 기반 육종가 추정에 대한 방법은 “1) 거세우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스 시행 - 혈통정보 기반 육종가 추정 및 정밀사양 제안”의 방법과 동일
- **암소 번식우 활용방안 제안**
  - ① 육질형 송아지 생산 제안
    - ▶ 근내지방도 육종가 표준집단 대비 상위 70% 개체: 육질형 송아지 생산용 제안
  - ② 육량형 송아지 생산 제안
    - ▶ 도체중 추정 육종가 표준집단 대비 상위 30% 개체: 육량형 송아지 생산용으로 1차 제안, 유전체 기반 육종가 확인 후 최종 제안
  - ③ 암소비육 또는 수정란 대리모 사용 제안
    - ▶ 암소 비육 제안: 경제형질이 안 좋은 송아지 생산 가능성이 높아 비육 출하 권장
    - ▶ 근내지방도 추정 육종가 표준집단 대비 하위 30% 개체: 1차 암소비육 제안 후, 유전체 기반 육종가 확인 후 최종 제안
    - ▶ 도체중 추정 육종가 표준집단 대비 하위 30% 개체: 1차 암소비육 제안 후, 유전체 기반 육종가 확인 후 최종 제안
- 1차 혈통정보 기반 육종가 분석 개요 (표 22)

표 22. 번식우 혈통정보 기반 육종가 분석 경제형질 상위% 개요

혈통정보 육종가 상위%	상위 0~25%	상위 25~50%	상위 50~75%	상위 75~100%	합계
<b>경제형질</b>					
<b>1년차 (n=555)</b>					
근내지방도	191	225	135	4	555
도체중	167	242	115	31	555
등지방두께	98	210	176	71	555
등심단면적	171	249	117	18	555
<b>2년차 (n=399)</b>					
근내지방도	61	210	121	7	399
도체중	108	184	101	6	399
등지방두께	55	169	122	53	399
등심단면적	49	123	150	77	399
<b>3년차 (n=55)</b>					
근내지방도	7	18	30	0	55
도체중	11	25	17	2	55
등지방두께	17	21	10	7	55
등심단면적	4	31	13	7	55
<b>1년차+2년차+3년차 통합 (n=1009)</b>					
근내지방도	259	453	286	11	1009
도체중	286	451	233	39	1009
등지방두께	170	400	308	131	1009
등심단면적	224	403	280	102	1009

- 1년차 1차 혈통정보 기반 정밀사양/개량 서비스 결과
  - ✓ 총 982두 중 427두의 소는 혈통정보가 없으므로 427두에 대한 판단은 어려움
  - ✓ 육질형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 상위 0~70%에 암소 536두가 해당하므로 “육질형 송아지 생산 번식우” 로 사양 추천
  - ✓ 육량형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 상위 70~100%, 도체중 상위 0~30%에 암소 5두가 해당하므로 “육량형 송아지 생산 번식우” 사양 추천
  - ✓ 암소비육 또는 대리모 이용제안 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 하위 70%에 암소 14두가 해당하므로 “암소비육 또는 대리모 이용” 으로 사양 추천
- 2년차 1차 혈통정보 기반 정밀사양/개량 서비스 결과
  - ✓ 육질형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 상위 0~70%에 암소 364 두가 해당하므로 “육질형 송아지 생산 번식우” 로 사양 추천
  - ✓ 육량형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 상위 30%에 암소 5두가 해당하므로 “육량형 송아지 생산 번식우” 로 사양 추천
  - ✓ 암소비육 또는 대리모 이용제안 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 하위 70%에 암소 30두가 해당하므로 “암소비육 또는 대리모 이용” 으로 사양 추천

- 3년차 1차 혈통정보 기반 정밀사양/개량 서비스 결과
  - ✓ 육질형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 상위 0~70%에 암소 54두가 해당하므로 “육질형 송아지 생산 번식우” 로 사양 추천
  - ✓ 육량형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 상위 30%에 해당하는 암소가 없으므로 “육량형 송아지 생산 번식우” 로 사양 추천할 암소는 없음
  - ✓ 암소비육 또는 대리모 이용제안 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 하위 70%에 암소 1두가 해당하므로 “암소비육 또는 대리모 이용” 으로 사양 추천
- 1차 혈통정보 기반 정밀사양/개량 서비스 1, 2, 3년차 통합 결과
  - ✓ 육질형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 상위 0~70%에 암소 954두가 해당하므로 “육질형 송아지 생산 번식우” 로 사양 추천
  - ✓ 육량형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 상위 30%에 암소 10두가 해당하므로 “육량형 송아지 생산 번식우” 로 사양 추천
  - ✓ 암소비육 또는 대리모 이용제안 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 하위 70%에 암소 45두가 해당하므로 “암소비육 또는 대리모 이용” 으로 사양 추천

(다) 유전체 기반 육종가 산출 및 정밀사양/개량 방안 제안

- 유전체 기반 육종가 산출에 대한 방법은 “1) 거세우 유전체 정보 기반 정밀사양 기술 서비스 시행 - 유전체 기반 육종가 추정 및 정밀사양 제안” 의 방법과 동일
- 혈통정보 기반 근내지방도 추정 육종가 하위 30% 및 도체중 추정 육종가 상위 30% 개체에 국한하여 DNA chip 분석후 gBLUP 모델로 육종가를 추정하여 아래와 같이 최종 정밀사양/개량 제안
- 근내지방도 유전체 기반 육종가에 의한 제안
  - ✓ 혈통정보 근내지방도 육종가 하위 30% 개체에 대하여 DNA chip 분석을 추가로 수행
  - ✓ 유전체 기반 근내지방도 육종가가 하위 30%에 속하고, 도체중 육종가 하위 30%일 경우 암소비육 출하 최종 제안
  - ✓ 유전체 기반 근내지방도 육종가가 상위 70%일 경우 육질형 송아지 생산 최종 제안
- 도체중 유전체 기반 육종가에 의한 제안
  - ✓ 혈통정보 도체중 육종가 상위 30% 개체에 대하여 DNA chip 분석 추가 수행
  - ✓ 유전체 기반 도체중 육종가가 상위 30%이고, 근내지방도 추정 육종가 하위 30%에 속할 경우 육량형 송아지 생산용 최종 제안
  - ✓ 유전체 기반 도체중 육종가가 하위 30%에 속하고, 근내지방도 육종가 하위 30%일 경우 암소비육 출하 최종 제안
- 2차 유전체 기반 육종가 분석 개요 (표 23)

표 23. 번식우 유전체 기반 육종가 분석 경제형질 상위% 개요

유전체 육종가 상위%	상위 0~25%	상위 25~50%	상위 50~75%	상위 75~100%	합계
<b>경제형질</b>					
<b>2년차 (n=48)</b>					
근내지방도	16	14	9	9	48
도체중	10	17	15	6	48
등지방두께	14	11	15	8	48
등심단면적	14	14	10	10	48
<b>3년차 (n=24)</b>					
근내지방도	5	10	3	6	24
도체중	6	8	7	3	24
등지방두께	7	6	8	3	24
등심단면적	1	13	7	3	24
<b>2년차+3년차 통합 (n=72)</b>					
근내지방도	21	24	12	15	72
도체중	16	25	22	9	72
등지방두께	21	17	23	11	72
등심단면적	15	27	17	13	72

- 2차년도 2차 유전체 기반 정밀사양/개량 서비스 결과
  - ✓ 육질형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 상위 0~70%에 암소 36두가 해당하므로 “육질형 송아지 생산 번식우” 로 사양 추천
  - ✓ 육량형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 상위 30%에 암소 2두가 해당하므로 “육량형 송아지 생산 번식우” 로 사양 추천
  - ✓ 암소비육 또는 대리모 이용제한 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 하위 70%에 암소 10두가 해당하므로 “암소비육 또는 대리모 이용” 으로 사양 추천
- 3차년도 2차 유전체 기반 정밀사양/개량 서비스 결과
  - ✓ 육질형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 상위 0~70%에 암소 18두가 해당하므로 “육질형 송아지 생산 번식우” 로 사양 추천
  - ✓ 육량형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 상위 30%에 암소 2두가 해당하므로 “육량형 송아지 생산 번식우” 로 사양 추천
  - ✓ 암소비육 또는 대리모 이용제한 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 하위 70%에 암소 4두가 해당하므로 “암소비육 또는 대리모 이용” 으로 사양 추천
- 2차 유전체 기반 정밀사양/개량 서비스 2, 3년차 통합 결과
  - ✓ 육질형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 상위 0~70%에 암소 54두가 해당하므로 “육질형 송아지 생산 번식우” 로 사양 추천
  - ✓ 육량형 송아지 생산 번식우 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 상위 30%에 암소 4두가 해당하므로 “육량형 송아지 생산 번식우” 로 사양 추천
  - ✓ 암소비육 또는 대리모 이용제한 판단 기준인 근내지방도 하위 30%, 도체중 하위 70%에 암소 14두가 해당하므로 “암소비육 또는 대리모 이용” 으로 사양 추천

(라) 정밀사양/개량 방향 서비스 시기 및 적용 시기

- 정밀사양/개량 방향 판정 서비스 시기: 6 - 12개월령 사이 초임 전 조기 진단 제안
  - ✓ 초임은 13~15월령 권장
- 정밀사양/개량 프로그램 적용 시기
  - ✓ 관행 송아지 생산 프로그램: 관행 프로그램 적용
  - ✓ 암소비육 출하 프로그램: 초임 전에 암소 비육 프로그램 적용

(마) 암소 정밀사양/개량 방향 서비스 제공 종합 (표 24)

표 24. 1차 혈통정보 기반 및 2차 유전체 기반 육종가 분석 통합 서비스 결과

정밀사양 제안	연 차			
	1년차 <sup>a</sup>	2년차	3년차	통합 (비율%)
육질형 송아지 생산 번식우 추천	536	364	48	948 (94.0)
육량형 송아지 생산 번식우 추천	5	5	2	12 (1.2)
암소비육 또는 대리모 이용 추천	14	30	5	49 (4.9)

<sup>a</sup>1년차는 2차 유전체 육종가 분석을 진행하지 않았으므로 1차 혈통정보 기반으로 하여 서비스를 제공

- ✓ 육질형 송아지 생산 번식우 제안 개체는 94% 총 948두
- ✓ 육량형 송아지 생산 번식우 제안 개체는 1.2% 총 12두
- ✓ 암소비육 또는 대리모 이용 제안 개체는 4.9% 총 49두

2. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 산업체 지원 연구 (협동연구기관: 이انس)

가. 한우 유전 정보 기반 정밀사양기술 설계 지원

(1) 혈통정보 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 시스템 설계 지원

- 주관연구기관(서울대학교)에 상기한 연구개발 목표의 개발 내용을 지원
- 시험축 제공
  - 1년차: 거세우 404두, 암소 982두
  - 2년차: 거세우 938두, 암소 535두
  - 3년차: 거세우 964두, 암소 133두
  - 총계: 거세우 2,306두, 암소 1,650두
- 혈통정보 수집
  - 1년차: 거세우 392두, 암소 555두
  - 2년차: 거세우 863두, 암소 399두
  - 3년차: 거세우 294두, 암소 55두
  - 총계: 거세우 1,549두, 암소 1,009두

(2) 유전체 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 시스템 설계 지원

- 주관연구기관(서울대학교)에 상기한 연구개발 목표의 개발 내용을 지원
- 시험축 제공
  - 거세우 DNA sampling 대상 농장 섭외
  - 암소 DNA sampling 대상 농장 섭외
- DNA 추출용 시료 수집
  - 1년차: 수소 교환 DNA sample 48개
  - 2년차: 거세우 모근 DNA sample 48개, 암소 모근 DNA sample 48개
  - 3년차 거세우 모근 DNA sample 24개, 암소 모근 DNA sample 24개
  - 총계: 거세우 DNA sample 120개, 암소 모근 DNA sample 72개

(3) 도축우 표현형 정보 수집 지원

- 주관연구기관(서울대학교)에 상기한 연구개발 목표의 개발 내용을 지원
- 시험축 제공
  - 1년차: 도축우 503두
  - 2년차: 도축우 633두
  - 3년차: 도축우 1,482두
  - 총계: 도축우 2,618두
- 표현형 정보 수집 (도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도, 육질 및 육량 등급 등)
  - 1년차: 도축우 445두
  - 2년차: 도축우 553두
  - 3년차: 도축우 1220두
  - 총계: 도축우 2,218두

나. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 검증 지원

(1) 거세우 유전정보 기반 정밀사양 사료 농가 실증 자료 분석

(가) 사료 판매 농가 및 거세우 서비스 시행 농가의 도체 성적 분석 결과

- 육질형 사료
  - ✓ 육성기 TDN 71.6% / CP 14.3%
  - ✓ 비육전기 TDN 74.7% / CP 13.3%
  - ✓ 비육후기 TDN 77.8% / CP 11.8%
- 육량형 사료
  - ✓ 400(육성) TDN 72.0% / CP 15.5%
  - ✓ 600(큰소-전기) TDN 73.5% / CP 14.0%
  - ✓ 800(마무리-후기) TDN 75.5% / CP 12.5%
- 육질형 사료 급여군 대비 육량형 사료군의 육량 성적 증진 검증 결과 (표 25, 표 26)

- ✓ 육질형과 육량형 사료군의 육량지수를 소고기 등급제 개정 전·후로 나누어 비교했을 때 유의적인 차이를 보이지 않음
- ✓ 육량형에 비해 육질형 사료군의 도축일 기준 월령이 2.2개월령 더 길었는데 육량지수에 차이가 없는 결과는, 육질형 사료군 대비 육량형 사료군의 육량 성적이 더 좋았을 것으로 해석할 수 있음

표 25. 육질형 및 육량형 사료군의 육량등급 결과 비교

정밀사양 육량등급	육질형(n=633)	육량형(n=614)
A	102두(16.11%)	94두(15.31%)
B	308두(48.66%)	305두(49.67%)
C	223두(35.23%)	215두(35.02%)

- ✓ 육질형과 육량형 사료군을 비교했을 때 육량등급 출현율이 유사하게 나타남

표 26. 육질형 및 육량형 사료군의 육량지수 결과 비교

	육질형	육량형	P-value
개정 전 육량지수 평균	64.86	64.06	0.46
개정 후 육량지수 평균 (19년 12월 이후)	61.19	61.34	0.58
도축일 기준 월령	29.8	27.6	-

(나) 농가 실증 자료 (도체성적) 분석: 정밀사양 프로그램 설계시 설정한 목표 검증

- 육질형 정밀사료 프로그램 적용 개체 도체성적 비교 (표 27)

표 27. 2019년 한우 육질등급 출현율 및 육질형 정밀사료 프로그램 적용 개체 도체성적 비교

육질 등급	2019년 전국 평균 육질등급 출현율 (%)	2019년 육질형 프로그램 적용 개체 육질등급 출현율 (%)	전국 평균 대비 (%)
1++	15.7	17.4	+10.8
1+	28.3	41.5	+46.6
1	29.9	31.0	+3.7
2	18.6	9.6	-48.4
3	7.1	0.5	-93.0

- ✓ 육질형 정밀사료 프로그램 적용 개체의 고급육 출현율 목표는 10% 개선
- ✓ 2019년 전국평균 육질등급 출현율과 비교했을 때 육질등급 1++는 10.8% 증가, 1+는 46.6% 증가, 1등급은 3.7% 증가

- 서비스 농가에 대한 생산성 증진 효과 모니터링
  - 서비스 농가에 서비스 제안을 한 개체들의 도축성적 확보 완료
  - 도축성적을 이용하여 서비스 제안 개체들의 생산성 증진 효과 검증 완료 (표 12 참조)
  
- 정밀사양기술 적용에 따른 이론상의 분뇨배설량 및 영양소배설량 감소 예상 수치 계산
  - 100두 규모에서 20마리를 정밀사양 적용 (CP 12.2%, 일일 섭취량 9kg, 질소배출 비율 30%)
  - 3개월 단축 사양 시 질소배출량은 전체 사육기간에서 두당 약 30kg 감소
  - 20두 적용 시 총 600kg의 질소배출량 감소

#### 다. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스 지원

##### (1) 거세우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스 시행 지원

- 주관연구기관(서울대학교)에 상기한 연구개발 목표의 개발 내용을 지원
  - 혈통정보 육종가 추정을 위해 농장 섭외
    - ✓ 1년차: 거세우 총 404두 정보 제공
    - ✓ 2년차: 거세우 총 938두 정보 제공
    - ✓ 3년차: 거세우 총 964두 정보 제공
    - ✓ 총계: 거세우 총 2,306두 정보 제공
  - 주관연구기관에서 제안한 사양 방식을 농가에 제공

##### - 시험축 제공

- 거세우의 유전체 육종가 추정을 위해 농장 섭외
- 주관연구기관에서 제안한 사양 방식을 농가에 제공
  - ✓ 1년차: 거세우 총 48두의 고환(DNA) 확보 지원
  - ✓ 2년차: 거세우 총 48두의 모근(DNA) 확보 지원
  - ✓ 3년차: 거세우 총 24두의 모근(DNA) 확보 지원
  - ✓ 총계: 거세우 총 120두의 DNA 확보 지원

##### (2) 암소 번식우 유전 정보 기반 선발기술 서비스 시행 지원

- 주관연구기관(서울대학교)에 상기한 연구개발 목표의 개발 내용을 지원
  - 혈통정보 육종가 추정을 위해 농장 섭외
    - ✓ 1년차: 암소 총 982두 정보 제공
    - ✓ 2년차: 암소 총 535두 정보 제공
    - ✓ 3년차: 암소 총 133두 정보 제공
    - ✓ 총계: 암소 총 1,650두 정보 제공
  - 주관연구기관에서 제안한 사양 방식을 농가에 제공

- 시험축 제공
  - 암소의 유전체 육종가 추정을 위해 농장 섭외
  - 주관연구기관에서 제안한 사양 방식을 농가에 제공
    - ✓ 2년차: 암소 총 48두의 모근(DNA) 확보 지원
    - ✓ 3년차 암소 총 24두의 모근(DNA) 확보 지원
    - ✓ 총계: 암소 총 72두의 모근(DNA) 확보 지원

## 제 5절 결론

### 1. 유전정보기반 경제형질에 대한 육종가 산출 및 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가

- 혈통정보와 유전체 정보에 의한 경제형질 육종가 분석 및 도체성적과 상관 분석
  - 거세우 2218두 육종가와 도체성적과 상관분석:
    - ⇒ 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 모두 유의적인 상관을 보임
  - 번식우 412두 육종가와 자손의 도체성적과 상관 분석:
    - ⇒ 도체중, 근내지방도가 유의적인 상관을 보임
- 육종가와 실측 도체 성적 간의 유의적인 상관을 보임에 따라, 육종가를 실측 도체 성적을 예측하는데 활용 가능성을 확인

### 2. 거세우 경제형질별 (육질형, 육량형) 정밀사양 사료 프로그램 설계, 개발 및 검증

- 거세우 경제형질별 (육질형, 육량형) 정밀사양 사료 프로그램 설계
  - 육질형 정밀사양 프로그램: 관행 육질형 사료 스펙
  - 육량형 정밀사양 프로그램: 관행 육질형 사양과 비교하여 성장률 및 육량 개선 및 조기 출하 목표 설정을 위하여 에너지 하향, 단백질 상향 조정
- 거세우 경제형질별 (육질형, 육량형) 정밀사양 사료 프로그램 개발
  - 협동연구기관인 (주)이안스에서 육질형 및 육량형 사료를 개발함
- 거세우 경제형질별 (육질형, 육량형) 정밀사양 사료 프로그램 급여 효과 검증
  - 협동연구기관인 (주)이안스에서 육질형 및 육량형 사료 급여 효과를 검증함
  - 육질형 사료는 거세우 633두에, 육량형 사료는 거세우 614두에 각각 급여함
    - ⇒ 육질형 사료 대신 육량형 사료 급여시 사육기간 2.2개월 단축 및 사료비 절감 효과 확인

### 3. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스 실시

- 거세우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스 실시

- 혈통정보 및 유전체 기반 육종가 추정 및 육량형/육질형 사양 제안
- 1-3년차에 거세우 총 1550두 서비스 실시  
⇒ 육질형 95.5% 제안, 육량 또는 육량/육질(선택) 4.5% 제안

- 암소 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스 실시

- 혈통정보 및 유전체 기반 육종가 추정 및 암소 활용 방안 제안
- 1-3년차에 암소 총 1009두 서비스 실시  
⇒ 육질형 송아지 생산 번식우 94% 제안: 근내지방도 우수 육종가 개체  
⇒ 육량형 송아지 생산 번식우 1.2% 제안: 도체중 우수 육종가 개체  
⇒ 암소비육 또는 대리모 이용 4.9% 제안: 근내지방도 및 도체중 육종가 모두 낮은 개체

☞ 한우 암소 번식우 정밀사양/개량 프로그램 서비스 개요

- 육질형 암소: 육질형 송아지 생산 번식우로 활용 제안
- 육량형 암소: 육량형 송아지 생산 번식우로 활용 제안
- 저육질형·저육량형 암소: 암소 비육후 출하 권장

## 제 6절 연구개발성과

○ 특허

번호	구분	출원일	특허명	출원인	출원국	출원번호	비고
1	특허출원	2019.02.26	한우 거세우 육종가 활용 개체별 맞춤형 정밀사양 적용 기술	백명기 홍수종 이진오 박승주 이승환	대한민국	10-2019-0022219	
2	특허출원	2020.06.22	혈통정보 및 유전정보를 이용한 한우 암소의 활용 유형 결정 방법	백명기 조인구 김상엽 이승환	대한민국	10-2020-0075760	
3	특허출원	2020.12.23	혈통정보 및 유전정보를 이용한 한우 암소의 활용 유형 결정 시스템	백명기 조인구 김상엽 이승환	대한민국	10-2020-0181641	
4	특허등록	2021.03.05 (등록일)	혈통정보 및 유전정보를 이용한 한우 암소의 활용 유형 결정 시스템	백명기 조인구 김상엽 이승환	대한민국	10-2226713 (등록번호)	

○ 논문발표

번호	게재일	논문명	저자명	학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI여부(SCI/비SCI)	등록번호	IF
1	2018.07.01	Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle - A review	Seung Ju Park	Asian-Australasian J. animal sciences	31(7)	국내	SCI	10112367	0.97 34회 인용
2	2020.11.01	Effects of cold temperature and fat supplementation on growth performance and rumen and blood parameters in early fattening stage of Korean cattle steers	Hyeok Joong Kang	Animal feed science and technology	269	국외 (네덜란드)	SCI	03778401	2.582
3	2020.06.12	Transcriptome changes associated with fat deposition in the longissimus thoracis of Korean cattle following castration	Sang Weon Na	J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.		국외 (영국)	SCI	14390396	1.703

○ 학술발표

번호	발표일	발표제목	발표자	학회명	장소/국명	비고
1	2018.07.11	Effects of genomic estimated breeding value (GEBV) of marbling score and dietary energy level on growth performance during fattening stage of Korean cattle	박승주	2018 ASAS-CSAS Annual Meeting & Trade Show	벤쿠버/캐나다	국외
2	2018.06.29	근내지방도 육종가와 영양 수준이 한우 비육말기 거세우의 성장 능력에 미치는 영향	박승주	2018 한국축산학회 학술발표회	중앙대학교 안산캠퍼스	국내
3	2018.08.02	Effects of castration on expression of bone morphogenetic protein and JAK2/STAT3 signaling molecules in Korean cattle	백명기, 정다진솔	2018 Asian Australasian Animal Production Congress	쿠칭/말레이시아	국외
4	2019.06.28	Dietary glycerol supplementation increased marbling score and lipid metabolism gene expressions in Korean cattle steers	Dilla Mareistia Fassah	2019 한국축산학회 학술발표회	경상대학교	국내
5	2019.07.11	Association of an increased marbling score by dietary glycerol supplementation with lipid metabolism gene expression in Korean cattle steers	Dilla Mareistia Fassah	2019 ASAS-CSAS Annual Meeting & Trade Show	미국 텍사스	국외

○ 인력양성

번호	분류	기준 년도	현 황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	대학원생	2018		√			√		√				
2	대학원생	2019	√					√	√				
3	대학원생	2020		√			√		√				

○ 고용창출

번호	고용창출 기관명	기준 년도	고용 창출 내용	고용 창출일	고용 형태
1	이안스(주)	2019	신규채용	2019-01-02	정규직
2	이안스(주)	2019	신규채용	2019-04-01	정규직

○ 정책활용

번호	구분	연도	명칭	국 명	일자	비고
1	정책활용	2019	한우 가축개량목표 미래목표 개정	대한민국	2019.10.25	
2	정책활용	2020	가축검정기준 중 한우 교배암소 세부항목 추가	대한민국	2020.03.17	

○ 기술이전

번호	명칭	기술이전 유형	시행일	기술료	기관명	비고
1	한우 육종가 및 유전정보 기반 개체별 경제형질 평가 기술	유상기술 이전	2018.11.22	11,000,000	이안스(주)	
2	유전정보 활용 한우 개체별 경제형질별 맞춤형 사양 기술	유상기술 이전	2018.12.26	19,800,000	(주)휘드베스트	
3	정밀사양을 위한 한우 육종가 및 유전정보 기반 개체별 경제형질 평가 기술	유상기술 이전	2019.11.13	14,300,000	(주)제네틱스	
4	한우 유전체 정보 기반 암소 자손 경제형질 평가 기술	유상기술 이전	2019.12.28	22,000,000	(주)피드업	
5	한우 거세우 유전정보기반 사료프로그램 설계 기술 관련 노하우	유상기술 이전	2020.12.28	33,000,000	주식회사 여덟끼니	

○ 사업화 현황

(단위 : 명, 백만원, 년)

번호	사업화 방식	사업화 형태	매출 발생년도	사업화명	내용	업체명	매출액		지역
							국내	국외	
1	기술이전 자기실시	신제품개발	2018	사료 개발	사료 “국민400” 개발	이안스 (주)	91.89	0	국내
2	기술이전 자기실시	기존제품 (2018 신제품)	2019	사료 개발	사료 “국민400” 개발	이안스 (주)	886	0	국내
3	기술이전 자기실시	신제품개발	2019	사료 개발	사료 “국민600” 개발	이안스 (주)	318	0	국내
4	기술이전 자기실시	기존제품 (2019 신제품)	2020	사료 개발	사료 “국민600” 개발	이안스 (주)	127	0	국내
5	기술이전 자기실시	신제품개발	2020	사료 개발	사료 “국민800” 개발	이안스 (주)	747	0	국내
총합							2691	0	-

○ 홍보전시

번호	구분	기관명	명칭	장소	일자	주최	비고
1	홍보 전시	이안스 (주)	2020 농림축산식품 과학기술대상	대한민국 전남 나주	2020.12.15	농림식품기술 기획평가원	

# 제 3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

## 제 1절 목표

본 연구개발의 최종목표는 유전정보를 활용한 고능력 (고급육 생산 및 고성장) 한우 거세우 생산 기술을 개발 및 보급하는 것과 유전정보를 활용한 고능력 한우 암소 번식우를 생산하는 기술을 개발 및 보급하는 것이다. 본 연구개발 과제 수행 결과, 당초의 연구개발 목표를 모두 달성하였다. 각 연차별 연구목표와 달성도는 다음과 같다.

## 제 2절 목표 달성여부

### 1. 1차년도 연구목표 및 달성도

세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	달성도
한우 유전정보 활용 고능력 거세우 및 번식우 생산기술 개발 (제1세부 서울대학교)	○ 축근 확보, 혈통정보, DNA, 표현형질 수집	- 거세우 수집 - 암소 수집 - 도축우 수집	100
	○ 경제형질 육종가 추정	- 혈통정보 육종가 산출 - 유전체 육종가 산출	100
	○ 정밀사양 시스템 설계	- 육종가 기반 개체별 맞춤형 사양 프로그램 설계	100
한우 유전정보 기반 정밀사양기술 산업체 지원 연구 (제1협동 이안스 (주))	○ 경제형질 육종가 추정 지원	- 주관기관의 경제형질 육종가 추정 지원	100
	○ 정밀사양 시스템 설계 지원	- 주관기관의 정밀사양 시스템 설계 지원	100

### 2. 2차년도 연구목표 및 달성도

세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	달성도
한우 유전정보 활용 고능력 거세우 및 번식우 생산기술 개발 (제1세부 서울대학교)	○ 한우 유전 정보 기반 정밀 사양 기술 설계	- 거세우 성장단계별 정밀사양 사료 프로그램 설계	100
	○ 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 검증	- 혈통정보 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가	100

		- 유전체 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가	100
	○ 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스	- 거세우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스 시행	100
		- 암소 번식우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스 시행	100
한우 유전정보 기반 정밀 사양 기술 산업체 지원 연구 (제1 협동 이안스㈜)	○ 한우 유전 정보 기반 정밀 사양 기술 서비스 지원	- 거세우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스 시행 지원	100
		- 암소 번식우 유전정보 기반 선발기술 서비스 시행 지원	100

### 3. 3차년도 연구목표 및 달성도

세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	달성도
한우 유전정보 활용 고능력 거세우 및 번식우 생산기술 개발 (제1세부 서울대학교)	○ 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 검증	- 혈통정보 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가	100
		- 유전체 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가	100
	○ 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스	- 거세우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스 시행	100
		- 암소 번식우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스 시행	100
한우 유전정보 기반 정밀 사양 기술 산업체 지원 연구 (제1 협동 이안스㈜)	○ 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 검증 지원	- 거세우 유전정보 기반 정밀사양 사료 농가 실증 자료 분석	100
		- 거세우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스 시행 지원	100
	○ 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스 지원	- 암소 번식우 유전정보 기반 선발기술 서비스 시행 지원	100

# 제 4장 연구결과의 활용 계획

## 제 1절 연구개발 결과의 활용방안 및 기대효과

### 1. 연구개발 결과의 활용방안

#### ○ 추가 연구 방향

- 한우 육종가를 활용한 대규모(또는 국가단위)의 저투입/고효율 생산성 형질개량 시스템 개발
- 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 개발 활용을 통한 영양소 배설량 저감 친환경 지속가능한 축산 구현
- 한우 생산성 향상을 위한 유전정보 활용 연구 기술로 활용

#### ○ 한우농가 서비스 제공

- 경제형질 맞춤형 정밀사양기술 실용화
- 거세우 육질형 정밀사양을 통한 고급육 출현율 향상 효과
- 거세우 육량형 정밀사양을 통한 사육기간 단축 효과
- 우량 송아지 생산 감소 개량에 번식우 정밀 선발기술을 적용
- 한우 유전능력 발현 극대화에 의한 효율적인 사료 개발 및 사료비 절감 효과
- 농가 생산성 향상 및 소득 증진

### 2. 기대성과 및 파급효과

#### ○ 기술적 측면

- 유전정보 기반 기능 심화 연구를 통한 논문화로 관련 분야의 학문 발전에 기여
- 한우 생산성 향상을 위한 유전정보 활용 연구 기술 확립
- 한우 유전정보 기반 정밀사양 프로그램 개발

#### ○ 경제적·산업적 측면

- 경제형질 맞춤형 정밀사양기술 실용화 확산을 통한 농가 생산성 향상 및 소득 증진
  - 거세우 육질형 정밀사양: 고급육 출현율 향상
  - 거세우 육량형 정밀사양: 일당증체량 향상, 육량 증진
- 번식우 정밀 선발기술 적용을 통한 우량 송아지 생산 감소 개량
- 유전 정보 기반 정밀사양 프로그램, 사료 및 첨가제 개발
- 우리나라 고유 품종인 한우 관련 산업의 국제경쟁력 제고를 통한 FTA 대응

## 붙임. 참고문헌

- Baik, M., Kang, H.J., Park, S.J., Na, S.W., Piao, M.W., Kim, S.Y., Fassah, D.M., Moon, Y.S., 2017. TRIENNIAL GROWTH AND DEVELOPMENT SYMPOSIUM: Molecular mechanisms related to bovine intramuscular fat deposition in the longissimus muscle. *J Anim. Sci.* 95, 2284-2303.
- Choi, T., Lim, D., Park, B., Sharma, A., Kim, J.-J., Kim, S., Lee, S.H., 2017. Accuracy of genomic breeding value prediction for intramuscular fat using different genomic relationship matrices in Hanwoo (Korean cattle). *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 30, 907-911.
- Habier D., Fernando, R.L., Dekkers, J.C.M., 2007. The impact of genetic relationship information on genome-assisted breeding values. *Genetics* 177, 2389-2397.
- Kramer, M., Erbe, M., Seefried, F.R., Gredler, B., Bapst, B., Bieber, A., Simianer, H., 2014. Accuracy of direct genomic values for functional traits in Brown Swiss cattle. *J. Dairy Sci.* 97, 1774-1781.
- Lee, S.-H., Park, B.-H., Sharma, A., Dang, C.-G., Lee, S.-S., Choi, T.-J., Choy, Y.-H., Kim, H.-C., Jeon, K.-J., Kim, S.-D., Yeon, S.-H., Park, S.-B., Kang, H.-S., 2014. Hanwoo cattle: Origin, domestication, breeding strategies and genomic selection. *J. Anim. Sci. Technol.* 56, 2.
- Lopez, B.I., Lee, S.H., Shin, D.H., Oh, J.D., Chai, H.H., Park, W., Park, J.-E., Lim, D., 2020. Accuracy of genomic evaluation using imputed high-density genotypes for carcass traits in commercial Hanwoo population. *Livest. Sci.* 241, 104256.
- Park, S.J., Beak, S.-H., Jung, D.J.S., Kim, S.Y., Jeong, I.H., Piao, M.Y., Kang, H.J., Fassah, D.M., Na, S.W., Yoo, S.P., Baik, M., 2018a. Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle - A review. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 31, 1043-1061.
- Segelke, D.J., Chen, J., Liu, Z., Reinhardt, F., Thaller, G., Reents, R., 2012. Reliability of genomic prediction for German Holsteins using imputed genotypes from low-density chips. *J. Anim. Sci.* 95, 5403-5411.
- VanRaden PM. 2007. Efficient Methods to Compute Genomic Predictions. *J Dairy Sci* 91:4414-4423.
- KREI 성과확산팀. 2016. 보도자료\_2016년 농업전망. 한국농촌경제연구원
- 농림축산식품부. 2016. 농림축산식품 주요통계. 농림축산식품부 11-1543000-000128-10
- 사회통계국 농어업동향과. 2020. 통계로 본 축산업 구조 변화. 통계청
- 이양희. 2016. 특집 2015년 축종별 배합사료산업 총결산. 한국사료협회. 제15권 제1호
- 축산물품질평가원 축산유통정보 - 등급판정통계 소도체(<https://www.ekapepia.com/priceStat/grade/gradeCowBody.do>)
- 한국종축개량협회 - 개체정보조회(<https://www.aiak.or.kr/>)

[별첨 1]

## 연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 한우 유전정보 활용 고능력 거세우 및 번식우 생산기술 개발				
	(영문) Technology development for production of high performance steer and cow using genetic information in Korean cattle				
주 관 연구 기관	서울대학교		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 서울대학교 농생명공학부	
참 여 기 업	이안스주식회사			(성명) 백명기	
총 연구개발비 ( 368,000천원)	계	368,000천원	총 연 구 기 간	2018.04.26. ~ 2020.12.31. (2년9월)	
	정부출연 연구개발비	275,000천원	총 참 여 연 구 원 수	총 인 원	38명
	기업부담금	93,000천원		내부인원	35명
	연구기관부담금			외부인원	3명
<p><b>○ 연구개발 목표 및 성과</b></p> <p>■ 한우 유전정보 활용 기반 고능력 거세우 및 번식우 생산기술 개발을 통한 한우 생산성 극대화 및 서비스의 현장 적용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유전정보 활용 고능력 (고급육 생산 및 고성장) 한우 거세우 생산기술 개발 및 보급</li> <li>- 유전정보 활용 고능력 한우 암소 번식우 생산기술 개발 및 보급</li> </ul> <p>■ 연구 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-특허 출원 3건</li> <li>-특허 등록 1건</li> <li>-기술이전 5건 (기술료 1억 10만원)</li> <li>-제품화 3건 (매출액 26억 9128만원)</li> <li>-고용창출 2건</li> <li>-논문(SCI) 발표 3건 (IF 1.75)</li> <li>-학술발표 5건</li> <li>-인력양성 3건</li> <li>-정책활용 2건</li> <li>-홍보전시 1건</li> </ul> <p><b>○ 연구내용 및 결과</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 설계             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 혈통정보 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 시스템 설계</li> <li>- 유전체 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 시스템 설계</li> <li>- 거세우 성장단계별 정밀사양 사료 프로그램 설계</li> </ul> </li> <li>2. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 검증             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 혈통정보 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가</li> </ul> </li> </ol>					

- 유전체 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가
  - 거세우 유전정보 기반 정밀사양 사료 농가 실증 자료 분석
3. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스
- 거세우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스 시행
  - 암소 번식우 유전정보 기반 선발기술 서비스 시행

**○ 연구성과 활용실적 및 계획**

1. 한우 유전정보 기반 정밀사양 설계
  - 유전정보를 활용한 저투입/고효율 생산성 형질개량 시스템 개발
  - 유전능력 발현 극대화를 통한 효율적인 사료 개발 및 사료비 절감
  - 유전정보 기반 정밀사양 기술 개발 활용을 통한 영양소 배설량 저감 친환경 지속가능한 축산 구현
  - 한우 생산성 향상을 위한 유전정보 활용 연구 기술 확립
2. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 검증
  - 경제형질 맞춤형 정밀사양기술 실용화 확산
  - 농가 생산성 향상 및 소득 증진
  - 육질형 정밀사양을 통한 고급육 출현율 향상
  - 육량형 정밀사양을 통한 일당증체량, 육량 증진 및 사육기간 단축
3. 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스
  - 경제형질 맞춤형 정밀사양기술 실용화 확산
  - 농가 생산성 향상 및 소득 증진
  - 거세우 육질형 정밀사양을 통한 고급육 출현율 향상
  - 거세우 육량형 정밀사양을 통한 일당증체량, 육량 증진 및 사육기간 단축
  - 번식우 정밀 선발기술 적용을 통한 우량 송아지 생산 감소 개량

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호		118053-03	
사업구분	농식품기술개발사업				
연구분야	축산 > 동물사료·사육 > 동물사료·사육		과제구분		단위
사업명	농생명산업기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	한우 유전정보 활용 고능력 거세우 및 번식우 생산기술 개발		과제유형	(기초,응용,개발)	
연구기관	서울대학교		연구책임자	백명기	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2018. 04. 26. ~ 2018. 12. 31.	75,000	25,000	100,000
	2차연도	2019. 01. 01 ~ 2019. 12. 31.	100,000	34,000	134,000
	3차연도	2020. 01. 01 ~ 2020. 12. 31	100,000	34,000	134,000
	4차연도				
	5차연도				
	계		275,000	93,000	368,000
참여기업	이안스 주식회사				
상대국		상대국연구기관			

2. 평가일 : 2020. 04.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
서울대학교	교수	백명기

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	백명기
----	-----

# I. 연구개발실적

## 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수)

- 다양한 형질을 가지는 개체들에 대한 정확한 분석과 세밀한 사양 방식 제안을 대규모 두수에 적용하는 서비스 제공
- 다수의 데이터가 확보된 참조집단을 활용하여 단일 또는 소수의 유전자 조합이 아닌 고밀도 DNA chip 기반 경제형질 추정이 이루어져 신뢰도 증진 예상

## 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수)

- 유전정보 기반 기능 심화 연구를 통한 논문화로 관련 분야의 학문 발전에 기여
- 한우 생산성 향상을 위한 유전정보 활용 연구 기술 확립
- 한우 유전정보 기반 정밀사양 프로그램, 사료 개발
- 경제형질 맞춤형 정밀사양기술 실용화 확산을 통한 농가 생산성 향상 및 소득 증진
- 번식우 정밀 선발기술 적용을 통한 우량 송아지 생산 감소 개량
- 한우 산업의 국제경쟁력 제고를 통한 FTA 대응

## 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수)

- 유전정보 기반 정밀사양 기술 농가서비스를 통한 기술료 수주
- 유전정보·영양사양 기술 접목으로 유전능력 발현 극대화를 통한 효율적인 사료 개발 및 사료비 절감
- 유전정보 기반 정밀사양 기술 활용을 통한 사양기간 단축 효과 및 효율적인 개체별 관리 실현

## 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수)

- 주관연구기관(서울대학교)은 유전정보를 활용하여 고능력 거세우 및 번식우 생산 기술 개발에 대한 연구를 성실하게 수행하였음
- 협동연구기관(이안스주식회사)은 주관연구기관의 연구 수행에 필요한 축군 확보, 혈통정보, DNA 시료, 농가 협조, 표현형질 자료 제공 및 정밀사양 기술 서비스 지원을 성실하게 수행하였음

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지식소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수)

- 논문(SCI) 목표는 2건, 성과 달성은 3건으로 초과 달성
- 특허 출원 목표는 2건, 성과 달성은 3건으로 초과 달성
- 학술 발표 목표는 3건, 성과 달성은 5건으로 초과 달성
- 종합적으로 보았을때, 연구개발성과는 우수한 것으로 판단됨

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
- 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 설계	33.3	100	혈통정보 육종가와 유전체 육종가를 효율적으로 이용하는 방식을 설계하여 개체별 육종가 상위%를 이용한 경제형질을 예측하고, 이에 따라서 정밀사양 제안 방법을 설계함
- 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 검증	33.3	100	거세우는 혈통정보 육종가, 유전체 육종가, 실측 도체성적 자료를 이용하여 유전정보 기반 정밀사양 기술을 검증하였고, 암소는 혈통정보 육종가, 유전체 육종가, 자손의 실측 도체성적 자료를 이용하여 유전정보 기반 정밀사양 기술을 검증함
- 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스	33.3	100	일반 한우 농가를 대상으로 혈통정보 육종가와 유전체 육종가를 분석하여 개체별로 육질형 사양, 육량형 사양 또는 저육질 저육량 사양으로의 정밀사양 제안을 수행하였음
합계	100점	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 설계
  - 혈통정보 및 유전체 기반 경제형질 육종가를 추정하고 정밀사양을 설계함
  - 정밀사양을 실현할 수 있는 거세우 성장단계별 정밀사양 사료 프로그램을 설계함
- 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 검증
  - 설계된 정밀사양 프로그램의 실현 가능성을 검증하기 위한 연구를 진행
  - 혈통정보 및 유전체 기반 육종가와 실측 도체 경제형질과의 적합성을 평가함
  - 거세우 유전정보를 기반으로 한 정밀사양 사료를 실제 농가에서 급여하고 산출된 자료를 분석함
  - 위 연구를 통해 경제형질 맞춤형 정밀사양기술을 실용화했을 때 육질형 정밀사양을 이용하면 고급

육 출현율을 향상시킬 수 있고, 육량형 정밀사양을 이용하면 사육기간을 단축시킬 수 있다는 사실을 증명함

- 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스

- 거세우에 대해 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스를 시행함
- 암소 번식우에 대해 유전정보 기반 선발기술 서비스를 시행함
- 위 기술을 이용하여 유전능력 발현 극대화를 실현하고 효율적인 사료 이용을 통한 사료비 절감 및 생산성 향상이 발생하여 농가의 소득 증진 및 사료자원 낭비 절감을 이룩함

## 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

해당사항 없음

## 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 본 연구결과는 한우 농가의 생산성 증진 및 소득 향상을 위한 정밀사양기술로 활용 가능함
- 정밀사양 기술을 활용하여 한우 거세우의 고급육 출현율 향상 또는 육량증진 및 사육기간 단축을 실현 가능함
- 한우 번식우 정밀 선발기술을 통해 우량 송아지 생산 암소 개량에 활용이 가능함

## IV. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

### 1. 연구책임자의 의견

해당사항 없음

### 2. 연구기관 자체의 검토결과

해당사항 없음

[별첨 3]

## 연구성과 활용계획서

### 1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	생명자원 생산·관리기술	
연구과제명	한우 유전정보 활용 고능력 거세우 및 번식우 생산기술 개발			
주관연구기관	서울대학교	주관연구책임자	백명기	
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	275,000천원	93,000천원		368,000천원
연구개발기간	2018. 04. 26 - 2020. 12. 31			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타(            ) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:            )			

### 2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혈통정보 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 설계 완료</li> <li>• 유전체 기반 경제형질 육종가 추정 및 정밀사양 설계 완료</li> <li>• 거세우 성장단계별 정밀사양 사료 프로그램 설계 완료</li> </ul>
② 한우 유전정보 기반 정밀사양기술 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혈통정보 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가 완료</li> <li>• 유전체 기반 육종가와 실측 경제형질과의 적합성 평가 완료</li> <li>• 거세우 유전 정보 기반 정밀사양 사료 농가 실증 자료 분석 완료</li> </ul>
③ 한우 유전정보 기반 정밀사양 기술 서비스	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 거세우 유전정보 기반 정밀사양기술 서비스 시행 완료</li> <li>• 암소 번식우 유전정보 기반 선발기술 서비스 시행 완료</li> </ul>

\* 결과에 대한 의견 첨부 가능

### 3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용-홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표	정 책 활 용			홍 보 전 시		
												SC I	비 SC I						논 문 평 균 IF	
단위	건	건	건	건	백만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	5	5	0	10	20	10	20	0	10	0			5	5	0	5	5	0	0	
최종목표	2	1	0	6	90	3	1,942	0	2	0	0	2	0	2	3	0	2	2	0	0
연구기간내 달성실적	3	1	0	5	100.1	3	2691.3	0	2	0	0	3	0	1.75	5	0	3	2	1	0
달성율(%)	150	100	-	83	111	100	138	-	100	-	-	150	-	87.6	166	-	150	100		-

### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	한우 혈통정보 및 유전체 기반 육종가를 활용한 개체별 경제형질 평가 기술
②	유전정보 활용 한우 개체별 경제형질별 맞춤형 사양 기술
③	정밀사양을 위한 한우 유전정보 기반 개체별 경제형질 평가 기술
④	한우 유전정보 기반 암소 자손 경제형질 평가 기술
⑤	한우 거세우 유전정보 기반 사료프로그램 설계 기술 관련 노하우

### 5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해 결	정책 자료	기타
①의 기술	v						v	v		
②의 기술	v					v	v	v		
③의 기술	v						v	v		
④의 기술	v						v	v	v	
⑤의 기술	v						v	v		

### 6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	한우 유전정보 활용을 통한 개체별 경제형질 평가기술 제공
②의 기술	한우 개체별 경제형질 맞춤형 정밀사양기술 활용을 통한 농가 생산성 향상 및 소득 증진
③의 기술	한우 유전정보 활용을 통한 개체별 경제형질 평가기술 제공, 이를 통한 한우 개체별 경제형질 맞춤형 정밀사양 기술 개발
④의 기술	한우 번식우 정밀 선발기술 적용을 통한 우량 송아지 생산 감소 개량
⑤의 기술	한우 거세우 유전정보 기반 정밀사양 프로그램 개발을 통한 농가 생산성 향상 및 소득 증진

### 7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시		
												SCI	비SCI							논문평균IF
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명					
가중치	5	5	0	10	20	10	20	0	10	0	0			5	5	0	5	5	0	0
최종목표	2	2	0	6	90	3	6,022	0	2	0	0	2	0	2	3	0	2	2	0	0
연구기간내 달성실적	3	1	0	5	100.1	3	2691.3	0	2	0	0	3	0	1.75	5	0	3	2	1	0
연구종료후 성과창출 계획	0	1	0	1	0	0	330.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

