

(옆면)

(앞면)

RS-2021  
-IP32108  
2

한우  
유전체  
빅데이터  
통합  
유전능력  
평가  
시스템  
및 간편  
농가  
활용  
플랫폼  
개발

2024

농림식품기술기획평가원  
농림축산식품부

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( ) 발간등록번호( O )  
2025축산현안대응산업화기술개발사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004587-01

# 한우 유전체 빅데이터 통합 유전능력 평가 시스템 및 간편 농가 활용 플랫폼 개발

2024.06.07.

주관연구기관 / (주)티엔티리써치  
공동연구기관 / 축산물품질평가원  
공동연구기관 / 영남대학교 산학협력단  
공동연구기관 / 충남대학교 산학협력단

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “한우 유전체 빅데이터 통합 유전능력 평가 시스템 및 간편 농가활용 플랫폼 개발”(개발기간 : 2021.04. ~ 2023.12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 06. 07.

주관연구기관명 : (주)티엔티리써치

(대표자) 박 명 흠



공동연구기관명 : 축산물품질평가원

(대표자) 박 병 흥



공동연구기관명 : 영남대학교 산학협력단

(대표자) 김 종 수



공동연구기관명 : 충남대학교 산학협력단

(대표자) 임 남 형



주관연구책임자 : 김 유 삼

공동연구책임자 : 유 송 원

공동연구책임자 : 김 종 주

공동연구책임자 : 이 승 환

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서							보안등급						
							일반[ <input checked="" type="checkbox"/> ], 보안[ ]						
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명	사업명	2025 축산현안대응산업 화기술개발사업						
전문기관명		농림식품기술기획평가원			내역사업명		가축생산효율성증진						
공고번호					총괄연구개발 식별번호								
					연구개발과제번호		RS-2021-IP321082						
기술 분류	국가과학기술 표준분류	동물 유전자원	35%	동물 유전/육종	35%	데이터베이스	30%						
	농림식품과학기술 분류	동물 유전자원·육종	40%	농림식품 생산경제	30%	농생물정보	30%						
연구개발과제명		국문	한우 유전체 빅데이터 통합 유전능력 평가 시스템 및 간편 농가 활용 플랫폼 개발										
		영문	Development of Productivity Improvement Technology Based on Hanwoo Genotypic Big database										
주관연구개발기관		기관명	(주)티엔티리써치			사업자등록번호	138-81-48176						
		주소	(54810) 전북 전주시 덕진구 원장동 길 102			법인등록번호	134111-0167755						
연구책임자		성명	김 유 삼			직위	책임						
		연락처	직장전화				휴대전화						
			전자우편				국가연구자번호						
연구개발기간		전체	2021. 04. 01 - 2023. 12. 31( 2년 9개월)										
		단계	1단계	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31( 1년 9개월)									
			2단계	2023. 01. 01 - 2023. 12. 31( 1년 0개월)									
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원	기관부담	그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개 발비 외 지원금		
		연구개발비	연구개발비	지방자치단체	기타( )								
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물		합계	
		총계	1,375,000	29,170	387,530					1,404,170		387,530	1,791,700
		1단계	1년차	375,000	12,500	112,500				387,500		112,500	500,000
	2년차	500,000	0	125,000				500,000	125,000	625,000			
2단계	1년차	500,000	16,670	150,030				516,670	150,030	666,700			
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고						
공동연구개발기관		축산물품질평가원	유송원	본부장			역할	기관유형					
		영남대학교	김종주	교수			공동	기타공공기관					
		충남대학교	이승환	교수			공동	대학					
연구개발담당자 실무담당자		성명	김 유 삼			직위	책임						
		연락처	직장전화				휴대전화						
			전자우편				국가연구자번호						

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

2024년 05월 03일

주 관 연 구 책 임 자:

김 유 삼

주관연구개발기관의 장: (주)티엔티리써치

박 명 흠

공동연구개발기관의 장: 축산물품질평가원

박 병 흥

공동연구개발기관의 장: 영남대산학협력단장

김 종 수

공동연구개발기관의 장: 충남대산학협력단장

임 남 형

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

## < 요약 문 >

사업명	2025 축산현안대응 산업화기술개발	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)					
내역사업명 (해당 시 작성)	가축생산효율성증진	연구개발과제번호	RS-2021-IP321082				
기술분류	국가과학기술 표준분류	동물 유전자원	35%	동물 유전/육종	35%	데이터베이스	30%
	농림식품 과학기술분류	동물 유전자원·육종	40%	농림식품 생산경제	30%	농생물정보	30%
연구개발과제명	한우 유전체 빅데이터 통합 유전능력 평가 시스템 및 간편 농가 활용 플랫폼 개발						
전체 연구개발기간	2021.04.01 - 2023.12.31( 2년 9개월)						
총 연구개발비	총 1,833,400 천원 (정부지원연구개발비: 1,375,000 천원, 기관부담연구개발비 : 458,400 천원)						
연구개발단계	기초[ ] 응용[ ] 개발[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( ) 종료시점 목표( )		
연구개발과제 유형	지정 공모						
연구개발목표 및 내용	최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공공기관 보유 한우 정보를 개체이력번호(12자리) 기준으로 수집, Hanwoo 50K SNP chip의 SNP genotype 정보와 연계하여 한우 통합 빅데이터 DB 구축</li> <li>○ 한우 경제형질(도체+번식)에 대한 유전체 유전능력 평가 최적 모델을 개발, 경제형질을 예측하는 모델과 경제적 가중치를 이용한 경제성 평가 모델 연구 및 개발</li> <li>○ 한우 경제형질의 평가 결과를 바탕으로 한우 거세우와 암소에 맞춤형 사육 및 번식 컨설팅·솔루션 기술을 개발하고, 정보를 생산하는 자동화 프로그램 개발</li> <li>○ 농가 사육 한우의 생산성 향상을 위한 맞춤형 컨설팅·솔루션 정보를 이용하여 컨설팅 서비스 모델과 이를 이용한 비즈니스 모델 개발 및 현장 적용</li> <li>○ 온라인 환경에서 컨설팅 서비스를 위한 플랫폼을 개발, 빅데이터 DB와 연계하여 실시간으로 농가에 서비스를 제공하는 전용 플랫폼 및 서비스 환경 구축</li> </ul>					
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>한우 개체이력 정보기반 유전체 통합 빅데이터 DB 구축 및 정보 관리 시스템 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우 이력, 혈통, 사육 등의 공공데이터 규격화 및 자료 수집을 위한 시스템 구축</li> <li>- 한우 대용량 유전체 정보의 규격화 및 수집된 공공데이터와 연계·통합을 위한 시스템 개발</li> <li>- 데이터베이스에서 분석 기관과 서비스 시스템까지의 파이프라인을 설계하고, 이를 위한 연동 체계 구축</li> </ul> </li> <li>○ <b>빅데이터 기반 한우 경제형질 유전능력 평가 예측 모델 및 최적 분석 기술 연구</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우 경제형질(고급육, 번식) 유전능력 평가를 위한 최적 모델과 경제적 가중치 연구</li> <li>- 경제형질의 조합에 따른 최적의 경제적 가중치 및 선발지수 모델을 통한 한우 경제성 예측 모델 개발</li> <li>- 빅데이터 DB를 기반으로 최적의 분석 모델을 적용한 한우 유전능력 자동 분석 시스템 구축</li> </ul> </li> <li>○ <b>한우 경제형질 유전능력 평가를 활용한 농가 생산성 향상 컨설팅 서비스 모델 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우 유전능력 평가 결과와 빅데이터 DB를 이용, 농가의 생산성을 높일 수 있는 컨설팅 콘텐츠 개발</li> <li>- 거세우 및 번식우에 대한 경제형질의 유전능력에 따른 맞춤형 사육 및 번식 방법 개발</li> <li>- 한우 컨설팅 정보를 생성하기 위한 자동화 프로그램 개발 및 리포트 작성 시스템 구축</li> <li>- 농가 컨설팅을 위한 서비스 모델을 개발하고, 컨설팅 수행을 위한 매뉴얼 구축</li> <li>- 농가 컨설팅 서비스의 시범 수행으로 농가 현장에 최적화된 방식을 기반으로 한 서비스 모</li> </ul> </li> </ul>					

		<p>델 모색</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ICT 기반의 한우 농가 생산성 향상 컨설팅 서비스 플랫폼 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농가 컨설팅 및 솔루션 결과를 바탕으로 ICT 기반의 플랫폼 설계 및 개발</li> <li>- 한우 빅데이터 DB와의 연계를 통하여 개발된 컨설팅 정보를 제공하기 위한 체계 구축</li> <li>- HTML5 기반의 원스톱 농가 생산성 향상을 위한 컨설팅 보고서 자동 생산 시스템 개발</li> <li>- 플랫폼 정보를 이용한 컨설팅 서비스 수행 매뉴얼 및 비즈니스 모델 개발</li> </ul> </li> </ul>
1 단 계 (해 당 시 작 성)	목 표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 유전체 통합 빅데이터 DB 구축 및 정보 관리 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우 이력, 혈통, 사육 등의 공공데이터 규격화 및 자료 수집을 위한 시스템 구축</li> <li>- 한우 대용량 유전체 정보의 규격화 및 수집된 공공데이터와 연계-통합을 위한 시스템 개발</li> <li>- 데이터베이스에서 분석 기관과 서비스 시스템까지의 파이프라인을 설계하고, 이를 위한 연동 체계 구축</li> </ul> </li> <li>○ 한우 유전능력 평가를 위한 경제형질 예측 모델 및 최적 분석 기술 연구 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우 경제형질(고급육, 번식)의 유전능력 평가를 위한 최적 분석 모델 및 경제적 가중치 연구</li> <li>- 경제형질의 조합에 따른 최적의 경제적 가중치 및 선발지수 모델을 통한 한우 경제성 예측 모델 개발</li> <li>- 빅데이터 DB를 기반으로 최적의 분석 모델을 적용한 한우 유전능력 자동 분석 시스템 구축</li> </ul> </li> <li>○ 한우 경제형질 생산성 향상 컨설팅 서비스 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우 유전능력 평가 결과와 빅데이터 DB를 이용, 농가의 생산성을 높일 수 있는 컨설팅 콘텐츠 개발</li> <li>- 거세우 및 번식우에 대한 경제형질의 유전능력에 따른 맞춤형 사육 및 번식 방법 개발</li> <li>- 한우 컨설팅 정보를 생성하기 위한 자동화 프로그램 개발 및 리포트 작성 시스템 구축</li> <li>- 농가 컨설팅을 위한 서비스 모델을 개발하고, 컨설팅 수행을 위한 매뉴얼 구축</li> </ul> </li> </ul>
	내 용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우 경제형질 맞춤형 컨설팅 솔루션 및 서비스 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우 공공데이터와 유전체 정보 연계를 통한 빅데이터 DB 구축</li> <li>• 한우 경제형질 성적 예측, 경제성 추정의 자동 분석 프로그램 개발</li> <li>• 한우 경제형질 컨설팅 콘텐츠 및 농가 생산성 향상 솔루션 개발</li> <li>• 컨설팅 콘텐츠-솔루션 자동 생성 시스템 및 리포트 제작 프로그램 개발</li> <li>• 컨설팅 매뉴얼 설정 및 농가 교육을 위한 교육 콘텐츠 제작</li> </ul> </li> <li>- 한우 빅데이터 구축 및 신 경제형질을 활용한 도체등급 기준 적용방안 연구 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우 공공 빅데이터의 수집 및 통합, 자료의 규격화 방안 모색</li> <li>• 외부 DB와의 한우 공공 빅데이터 연계 파이프라인 구축</li> <li>• 한우 신 경제형질을 활용하여 한우의 도체등급 기준 적용방안 연구</li> </ul> </li> <li>- 한우 경제형질 예측 최적 모델 및 경제적 가중치 선발지수 모델 연구 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우 경제형질의 성적 예측을 위한 유전체 평가 최적 모델 개발</li> <li>• 한우 도축 성적에 대한 경제적 가중치 설정 및 선발지수 모델 연구</li> </ul> </li> </ul>
2 단 계	목 표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 경제형질 유전능력 평가 기반의 경제성 추정 최적 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우의 도축 및 번식 형질의 유전능력을 바탕으로 한 출하 성적 및 번식성적 예측 결과를 이용</li> <li>- 경제형질에 대한 경제적 가중치를 바탕으로 한우 각 개체에 대한 경제성 추정</li> <li>- 추정된 경제성 평가 결과를 기반으로 농가의 생산성을 높일 수 있는 사육 전략 등의 방안 수립</li> </ul> </li> <li>○ ICT 기반의 한우 농가 생산성 향상 컨설팅 서비스 플랫폼 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농가 생산성 향상을 위한 컨설팅 정보와 솔루션 결과를 바탕으로 ICT 기반의 플랫폼 설계 및 개발</li> </ul> </li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우 빅데이터 DB와의 연계를 통하여 개발된 컨설팅 정보를 제공하기 위한 체계를 구축</li> <li>- HTML5 기반의 원스톱 농가 생산성 향상을 위한 컨설팅 보고서 자동 생산 시스템 개발</li> <li>- 플랫폼 정보를 이용한 컨설팅 서비스 수행 매뉴얼 및 비즈니스 모델 개발</li> </ul>
	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우 농가 생산성 향상 컨설팅 서비스 플랫폼 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 빅데이터, 유전능력 평가 결과, 컨설팅 정보와 연계된 플랫폼 개발</li> <li>• 플랫폼 기반의 컨설팅 서비스 모델 및 비즈니스 모델 수립</li> <li>• 온라인 기반의 한우 컨설팅 서비스 사업화</li> </ul> </li> <li>- 축산물이력제 사육단계에 대량유전체 분석 시스템(SNP chip)을 도입하여 사육단계에서 이력 관리의 정확성 제고 연구 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 축산물이력제 사육단계에 대량유전체 분석 시스템(SNP chip)의 도입 방안 모색</li> <li>• 한우 농가 사육단계에서 발생하는 개체이력 정보에 대한 문제 해결을 통한 공공데이터 정확성 향상 방안 연구</li> </ul> </li> <li>- 한우 경제형질 및 유전능력 평가 결과 기반 경제성 자동 평가 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우 경제형질에 대한 경제성 평가의 자동화 파이프라인 구축</li> <li>• 지역별 암소의 유전능력 평가 자동화 체계를 구축하고, 분석된 정보의 자동 환류를 위한 시스템 설계</li> </ul> </li> </ul>

연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>대량 한우 시료를 대상으로 한 유전체 정보 생산체계 수립</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우 유전체 정보의 생산 과정 중 대량 생산을 위한 개선사항 확인</li> <li>• 대량 시료를 기준으로 유전체 정보의 생산 과정을 개선, 발생 문제점을 수정 보완</li> <li>• 대량 시료를 이용한 유전체 정보 생산에 맞춘 새로운 QC 방법 및 기준 수립</li> <li>• 개선 방법 및 새로운 QC 기준에 대한 자체 평가 수행</li> </ul> </li> <li>○ <b>한우 공공데이터 및 유전체 정보 통합 관리 시스템 및 DB 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우의 개체식별번호(12자리)를 기준으로 전체 공공데이터의 연계를 위한 시스템 개발</li> <li>• 공공데이터의 OPEN API를 이용한 데이터 연계 및 수집된 데이터의 관리 시스템 구축</li> <li>• Hanwoo SNP chip을 이용하여 생산된 대용량 유전체 정보의 관리를 위한 프로그램 개발</li> <li>• 이력, 혈통, 도축, 분만, 유전체 정보를 연계하여 관리할 수 있는 통합 관리 시스템 개발</li> </ul> </li> <li>○ <b>한우 경제형질에 대한 유전능력 평가 자동화 프로그램 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 통합 관리 시스템의 정보를 기반으로 한우 유전능력 평가의 자동화 프로그램</li> <li>• 한우 유전체 유전능력 평가의 분석 알고리즘을 이용한 파이프라인 구축</li> <li>• 수집 자료와 유전체 정보를 이용하여 자동으로 유전능력을 평가하고, 평가 결과를 다시 DB에 저장하는 DB 환류 시스템 개발</li> </ul> </li> <li>○ <b>한우 유전능력 평가 결과를 기반으로 한 농가 컨설팅 및 솔루션 콘텐츠 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우의 유전능력을 평가한 결과를 농가 현장에서 활용할 수 있는 방안 수립</li> <li>• 농가 경영 및 사육 현황, 개량 전략 등을 고려한 맞춤형 컨설팅 및 솔루션 콘텐츠의 개발</li> <li>• 한우 사육 환경과 농가 현장 평가를 통한 추가 콘텐츠의 개발 및 기존 콘텐츠 보완 수행</li> <li>• 기 개발된 콘텐츠 정보 수정 및 국가 개량 DB 시스템 반영 추가 콘텐츠 개발</li> </ul> </li> <li>○ <b>한우 농가 맞춤형 컨설팅 콘텐츠 자동 생성을 위한 리포팅 시스템 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우 사육 및 개량을 위한 컨설팅 콘텐츠 정보를 바탕으로 자동화 리포팅 시스템 개발</li> <li>• DB의 데이터 정보 및 유전능력 평가 결과를 바탕으로 콘텐츠 자동 생성</li> <li>• 농가 현장의 정보 전달을 쉽게 하기 위한 그래프 및 테이블 디자인 수행</li> <li>• 웹을 기반으로 한 플랫폼 개발을 위하여 반응형 컨설팅 콘텐츠 제작</li> <li>• 컨설팅 플랫폼을 통한 정보 제공 및 오프라인 리포팅을 위한 방안 모색</li> <li>• 국가 개량 DB를 통해 제공되는 분석 결과를 이용한 신규 콘텐츠의 자동화 추가 개발</li> </ul> </li> <li>○ <b>한우 농가 생산성 향상을 위한 웹 기반의 컨설팅 플랫폼 구축</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우 컨설팅 정보를 농가 현장에서 쉽게 활용하기 위한 웹 기반 플랫폼 구축</li> <li>• 통합 DB와 리포팅 시스템을 통해 제공되는 콘텐츠를 이용하여 구성</li> <li>• 국가 개량 DB의 분석 결과를 반영한 신규 콘텐츠의 추가 구성</li> <li>• 한우의 전주기에 대한 사육 및 개량 방향을 설정할 수 있는 농장 맞춤형 정보 제공</li> <li>• 거세우암소 유전능력에 따른 분류 정보와 암소 유전능력에 따른 교배계획 정보 제공</li> </ul> </li> </ul>
--------	--

- 농장 정보를 공공데이터와 유전능력 결과를 기반으로 농장 개선 방향에 대한 정보 제공
- 농가의 생산성 효율을 높여 농가 수익을 안정화하기 위한 정보를 컨설팅 콘텐츠를 이용하여 제공

○ **온라인 기반의 컨설팅 서비스 모델 및 비즈니스 모델 개발**

- 웹 컨설팅 플랫폼 [한우스타]와 유전능력 평가 관리 시스템을 이용한 서비스 모델 구축
- [한우스타]를 이용한 일반 농가 사용자를 대상으로 한 온라인 컨설팅 모델 수립
- 유전능력 평가 관리 시스템을 이용한 농가 컨설턴트 및 농가관리 기관 서비스 모델 수립
- 국가 개량 DB의 분석 결과 활용 콘텐츠를 이용한 지자체 한우 유전체 사업 참여
- 유전능력 평가 관리 시스템을 통한 농가 오프라인 보고서 자동 생성 시스템 개발
- 온오프라인을 이용한 컨설팅 정보 제공을 통한 서비스 모델의 다각화 시도
- [한우스타] 온라인 컨설턴트에 대한 일부 시범 적용 농가를 대상으로 한 테스트 수행
- 수행 결과를 바탕으로 수정·보완 사항 확인 및 개발 비즈니스 모델에 적용

○ **한우 경제형질 예측을 위한 유전체 분석 최적 모델 개발**

- 한우 암소의 유전체 육종가 추정을 위한 최적 모델 설정 및 정확도 검증: 암소 추정 육종가 74% 달성
- 한우 참조집단의 환류 주기에 대한 모의실험 : 최적 참조집단 설계를 통하여 암소 유전체정보 환류(현행 암소는 2~3산차에 도축되고, 도축월령 평균은 66개월령이다. 암소 표현형 2천두에 대해서 암소 추정 육종가의 정확도 1~2% 증가하는 것으로 분석
- 출하 시기별(Age Class) 유전체 육종가 추정을 위한 체계 구축: 단기 비육 28개월, 장기 비육 29개월령 이상 구간에서 암소 육종가 추정모델 개발
- 기존 도체형질(출하시기 별)과 소비 형질을 이용한 새로운 선발지수 모델 개발: 암소 선발을 위한 선발지수 4종 개발(한우 거세우 표현형과 선발지수 간 상관 47% 달성)

○ **한우 번식형질에 대한 유전체 육종가 추정 최적 모델 설정**

- 한우 번식 형질의 유전체 선발을 위한 암소 6,823두의 표현형 및 유전정보 자료수집 및 참조집단 구축
- 유전체 정보를 이용한 한우 번식 형질에 대한 분산성분, 유전력 추정 및 최적 유전체 선발(PBLUP, ssGBLUP, WssGBLUP) 모형 평가
- 평가 결과 wssGBLUP 방법이 가장 높은 정확도를 보임

○ **한우 유전체 정보기반 번식 및 도체 형질들간 상관관계 분석**

- 도축 암소 1,544두의 유전체 정보를 기반으로 번식 및 도체형질 간 상관관계 분석
- 분석 결과, 도체 고급육 형질과 번식 형질 사이에는 낮은 유전상관을 보임
- 번식 형질들은 낮은 유전력을, 도체 고급육 형질들은 높은 유전력을 나타냄

○ **한우 도체 고급육 형질에 대한 유전체 육종가 추정 최적 모델 설정**

- 출하 거세우 약 2만두 규모의 참조집단 데이터를 이용
- 도체형질에 대한 여러 GBLUP 및 Bayesian 방법을 이용한 육종가 추정
- 분석 결과 wGBLUP 방법이 가장 높은 육종가 정확도를 보임

○ **경제적 요인을 고려한 번식·도체 고급육 형질들 유전체 선발체계 구축**

- 번식 형질별로 경제적 가중치 설정 및 육종가 기반 번식형질 선발지수식 설정
- 도체 형질별로 경제적 가중치 설정 및 육종가 기반 도체형질 선발지수식 설정
- 번식·도체형질 조합 선발지수식 설정 및 암소 번식·도체형질 육종가 기반 선발체계 구축

○ **한우 도체 고급육 형질에 대한 유전체 육종가 추정 최적 모델 설정**

- 출하 거세우 약 2만두 규모의 참조집단 데이터를 이용
- 도체형질에 대한 여러 GBLUP 및 Bayesian 방법을 이용한 육종가 추정
- 분석 결과 wGBLUP 방법이 가장 높은 육종가 정확도를 보임

○ **한우 新품질기준(근내지방 섬세도) 적용을 위한 이화학·유전형질 요인 연구**

- (기초분석) 한우 근내지방 섬세도에 따른 통계분석 결과(1,147두)
- 근내지방도 증가하면 지방면적비, 섬세지수는 상승, 반면 지방 입자개수는 감소 경향 확인
- (도체특성) 섬세지수 높을수록 육량(도체중, 등심단면적), 육질(BMS.No)이 높게 나타나는 특성을 확인
- (범위설정) 한우 근내지방 선호도조사를 통한 섬세도 구분기준 설정 연구
- (기능) 지방면적비 32% 이상 구간은 현 지수로 섬세 정도 구분 가능
- (이화학 특성) 한우 근내지방 섬세 vs 뭉침별 이화학 특성 결과
- (이화학) pH가 뭉침그룹이 높았지만 모두 정상범위이며, 타 항목은 차이 없음

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (조직학) 백색 근섬유인 typeⅡX가 섬세한 근내지방에 높은 비율을 보임</li> </ul> <p>○ 한우 생산능가 경제형질 유전능력 예측 시스템 적용 및 이력정보 제고 기반 마련</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유전체 분석 시스템(SNP Chip) 도입 및 전문 분석역량 확보</li> <li>• 축협, 한우협회, 학계, 지자체 등 전문가협의회 구축</li> <li>• 영세농가(그린나래, 성장 사다리), 일반농가 선정 및 시험 적용(200두)</li> <li>• 인공수정(KPN) 정보 정확성 확인 및 정확한 친부 교정 조사</li> </ul> <p>○ 한우 유전체 빅데이터 통합 유전능력 평가 시스템 현장 확대 적용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우 우량 암소 선발 및 소 사육기간 단축 능가 현장 적용(7개 농가, 162두)</li> <li>• 저탄소 인증대상 농가 대상 우량 암소 선발 농가 현장 적용(10개 농가, 40두)</li> <li>• 수정란 이식 시범사업 출생 송아지 유전능력 평가 농가 현장 적용(4개 농가 4두)</li> <li>• 소 사육방식 개선 및 탄소 감축 농가 현장 적용(6개 농가 34두)</li> </ul>
--	---

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>○ 한우 경제형질 유전능력 평가 모델의 개선 및 참조집단 데이터 관리 체계 수립</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우 유전체 육종가 추정 최적 모델을 적용한 기존 시스템 업그레이드</li> <li>• 보유 참조집단의 데이터 확장 주기 및 방안 모색을 위한 기초 데이터 활용</li> <li>• 분석 정확도 향상을 위한 참조집단의 환류 체계를 적용한 정보 업데이트 기준 확립</li> <li>• 한우 번식형질에 대한 참조집단 구축 및 유전능력 분석 최적 모델 개발</li> <li>• 도체형질과 번식형질에 대한 상관관계를 통한 개체 선발 최적 선발지수 모델 개발</li> <li>• 경제적 요인이 적용된 신규 개체 선발 기준을 확립, 이를 바탕으로 한 선발 모델 구축</li> </ul> <p>○ 경제적 요인 및 농가 현황이 적용된 한우 맞춤형 컨설팅 콘텐츠의 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 한우 거세우 도체형질에 대한 최적 개발 모델을 바탕으로 한 맞춤형 사육 방안 제시</li> <li>• 출하시기에 따른 성적 예측 모델 개발, 개체 유전능력에 따른 최적 출하 시기 예측 가능</li> <li>• 한우 암소의 도체형질과 번식형질을 조합한 선발 모델의 개발로 암소 선발 모델 구축</li> <li>• 도체형질과 번식형질의 상관관계를 바탕으로 한 암소 최적 선발 기준을 통한 정보 제공</li> <li>• 거세우암소의 경제적 요인을 고려한 최적 선발지수 가중치 연구 결과 적용</li> <li>• 한우 성별사육전략에 따른 맞춤형 개체 선발을 위한 최적 모델 구축</li> <li>• 농가 현황-공공데이터-유전능력 평가 결과를 종합한 통합관리 컨설팅 콘텐츠 개발</li> <li>• 농가 사육 전략에 따른 거세우암소 선발을 위한 컨설팅 정보제공 콘텐츠 개발</li> <li>• 국가 개량 DB의 유전능력 평가 결과의 적용을 통하여 컨설팅 정보제공의 다각화 도모</li> </ul> <p>○ 농가 컨설팅 및 솔루션을 적용한 한우 컨설팅 플랫폼 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 농가 제공 컨설팅 콘텐츠 및 솔루션에 대한 웹 플랫폼 [한우스타]의 상용화 수행</li> <li>• 농가의 컨설팅 콘텐츠에 따라 자동 생성 솔루션 시스템 개발</li> <li>• [한우스타]의 사용자 친화적 디자인 및 콘텐츠 구성을 통한 사용 용이성 극대화</li> <li>• 다수 기관에서 제공되는 정보를 한 번에 확인 가능한 시스템으로 이용률 상승 도모</li> <li>• 국가 개량 DB의 결과 적용을 통해 지자체 한우 유전체 사업의 이용 가능</li> <li>• 전국 도·시·군에서 수행되는 한우 유전체 사업 참여로 인한 사용자 이용률 상승 기대</li> </ul>
---------------------	--

연구개발성과의 비공개여부 및 사유												
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
	11	3				2		생명 정보	생물 자원			정보
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명		규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호		
국문핵심어 (5개 이내)	한우		빅데이터		기계학습		번식		고급육			
영문핵심어 (5개 이내)	Korean native cattle		Big data		Machine learning		reproduction		meat-quality			

## 〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 .....	7
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 .....	18
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 .....	110
4. 목표 미달 시 원인분석 .....	125
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 .....	126
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 .....	127

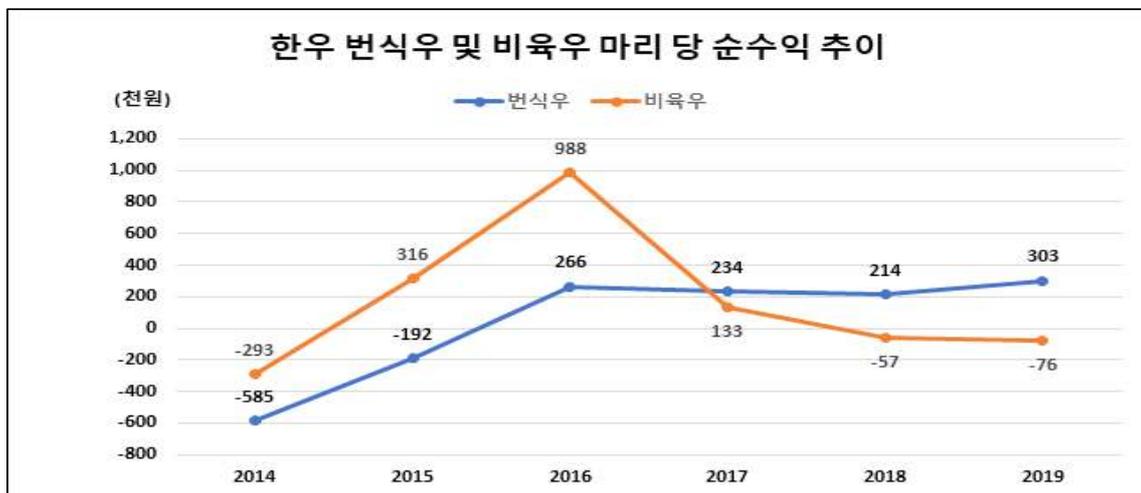
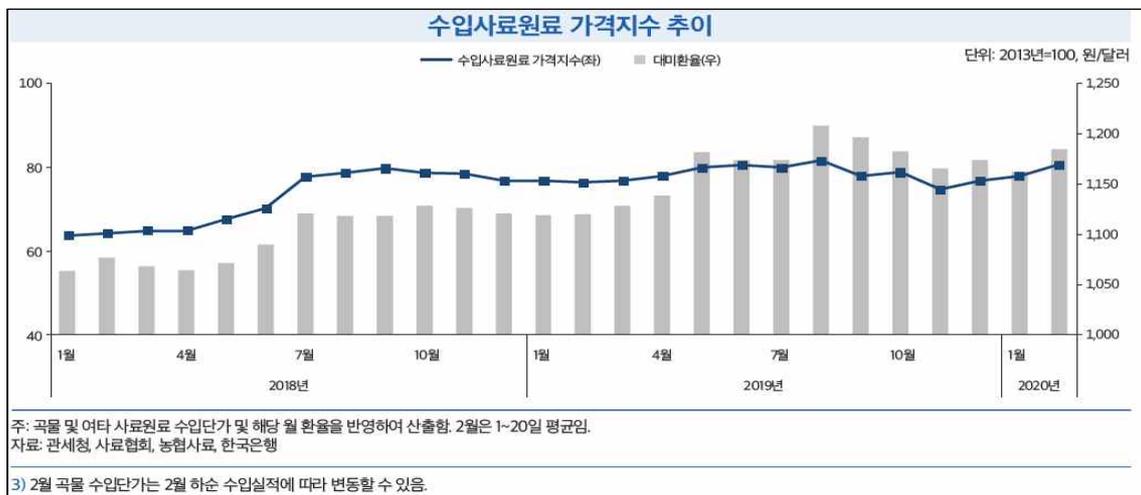
# 1. 연구개발과제의 개요

## □ 연구개발과제의 필요성

### ○ 한우 유전체 선발(Genomic Selection) 기술의 산업적 적용을 위한 시스템 필요성 대두

- 국제 유가 상승 및 코로나-19의 여파로 전 세계에 걸쳐 극심한 환율 변동으로 인해 수입 사료의 주요 원료인 밀, 옥수수 등의 가격이 가파르게 상승
- 사료의 주원료 물가 상승으로 인하여 한우 사육에 발생하는 생산비가 급격하게 증가하였으며, 이로 인해 농가의 소득은 감소하고 있어 산업 안정성에 대한 우려가 커짐
- 송아지를 생산하는 한우 번식 농가의 경우 송아지가격의 꾸준한 상승으로 2015년 이후 순수익 증가하고 있지만, 한우 농가의 대다수를 차지하는 비육 농가의 경우 가축비 및 사료비 상승으로 1마리당 발생하는 순수익이 감소하고 있어 생산비를 낮출 수 있는 방안이 절실한 상황

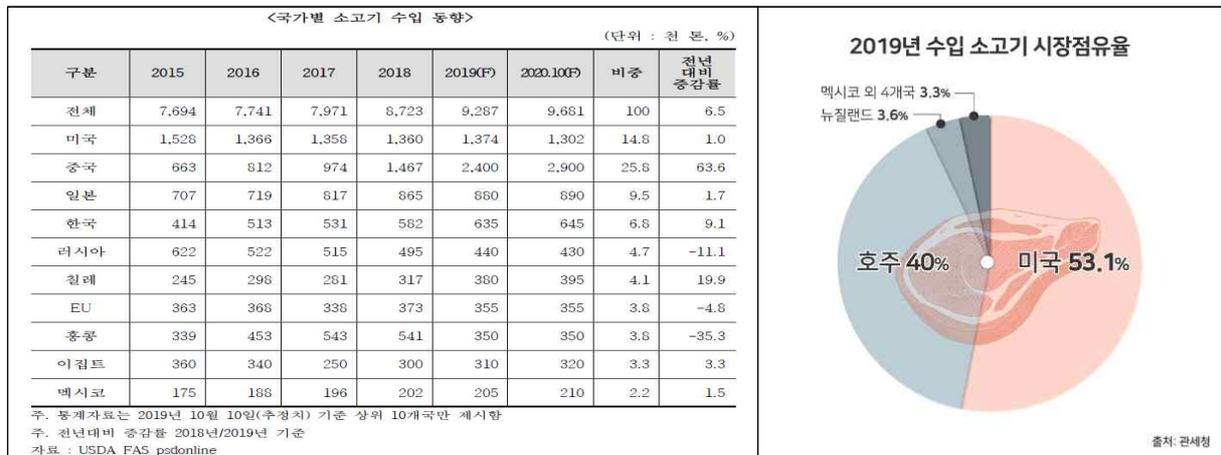
- 번식우 사료비 (천원/마리): ('16)1,076->('17)1,075->('18)1,138->('19)1,207
- 비육우 사료비 (천원/마리): ('16)2,857->('17)2,830->('18)2,948->('19)3,111



출처: 통계청, 농축산물생산비조사

- 또한, 국내 쇠고기 시장에서 해외 쇠고기 수입에 대한 전면적인 개방이 이루어지고 있어서, 생산량이 많은 미국 쇠고기의 경우 소비자 트렌드에 맞춘 고급육 생산과 합리적인

가격으로 시장 점유율이 점차 커지고 있어 쇠고기 시장에서 한우의 경쟁력이 점차 줄어들고 있는 실정



< 그림 1. 수입 소고기 시장 점유율 >

- 한우의 개량은 지금까지 국가 단위 체계로 이루어져, 당대 및 후대검정을 통해 선발된 씨수소의 정액을 전국에 보급하여 인공수정하는 방법을 고수하였고, 씨수소 중심의 개량으로 괄목할 만한 개량 효과와 한우 집단의 빠른 성장을 달성
- 그러나, 기존의 씨수소 중심의 개량 방식으로는 유전적 자질이 뛰어난 특정 씨수소의 정액을 선호하여 수요가 편중되는 쓸림 현상이 발생하고, 제한적인 씨수소의 선발(1년에 약 30두)로 만성적인 정액 부족 상태와 높은 근친도 문제점 등을 초래하고 있음
- 특히, 같은 씨수소의 정액을 사용했음에도 불구하고 태어나는 후대 송아지의 도체 성적에서 큰 차이가 발생하여 비육 농가의 생산비 및 수익에 영향을 미치는 문제가 대두
- 이는 암소의 능력을 고려하지 않고 씨수소의 능력에만 집중하여 발생하는 문제로, 이를 해결하기 위하여 암소의 유전적 자질을 평가하고, 암소 능력의 개량에 관심이 집중
- 암소의 능력을 개량하기 위하여 기존의 씨수소 중심의 개량에서 탈피, 암소의 유전적 능력 향상에 초점을 둔 우량암소 축군 조성 등의 다양한 암소개량 사업을 지자체와 농협을 중심으로 수행하고 있음
- 하지만 현재 이용하고 있는 암소개량 방법은 혈통을 중심으로 암소의 자손 혹은 친족 중 거세우의 도축 성적을 수집하여 유전능력을 추정하는, 기존 씨수소 선발에서 사용하고 있는 방법을 약식으로 적용하고 있지만, 현실적인 어려움이 많음
  - 국가 또는 지역 단위 암소 검정사업에서 해당 방법을 적용하고 있으나 제한된 국가 예산, 친자 불일치, 평가 대상인 암소의 제한된 규모 등의 어려움으로 효과적인 개량이 어려움
  - 또한, 암소의 혈통오류와 이로 인해 발생하는 유전능력 평가의 낮은 정확도로 인하여 추정된 암소의 능력이 정확하지 않아 개량 효율성에 한계가 있음
- 따라서, 혈통 중심의 유전평가를 통한 개량 방법이 아닌 더 정확한 방식의 유전능력 평가 방법을 이용하여 암소의 유전적 자질 개량의 효율성을 증대시켜야 함
- 개체의 유전체 정보를 이용하는 유전체 선발(Genomic Selection; GS) 기술은 가축육종 분야에서 세계적으로 많은 연구가 이루어져 가축의 경제적 능력에 대해 연간 유전적 개량량 및 개체의 유전적 자질을 추정하는 정확도가 높다고 보고되어 있음

- 특히, 축산 선진국인 미국 및 호주, 캐나다, 유럽연합(EU)에서는 유전체 선발 방법을 축산 농가 및 산업 현장에 적용하여, 농가에 직접 유전능력 평가 결과를 제공하고 활용할 수 있게 제도적으로 지원하는 국가 시스템이 수립되어 축산업 경쟁력이 빠르게 향상되고 있음

Breed	GEBV prediction Model	Genotyping platform	Traits	Results (GEBV accuracy)	References
1 Angus (Australia)	BREEDPLAN		Birth weight, 200-days weight, Carcass weight, Eye muscle area, Intramuscular fat, Calving ease	0.20-0.45	Johnston et al. 2010.
2 Angus (USA) (3,570)	BayesC	Illumina Bovine SNP50 (54,442 SNPs)	Birth weight, Weaning weight, marbling score, rib eye muscle area, carcass weight, calving ease, heifer pregnancy rate	0.22-0.69	Saatchi et al. 2011
3 Charolais (French) (2,682)	GBUP and BayesC	Illumina Bovine SNP50 (54,608) & Illumina HD SNP chip 777K	Birth weight, Calving ease, Skeletal development	0.32-0.40	Tribout et al. 2014
4 Nellore cattle (2,241)	BayesC	Illumina Bovine SNP50	22 traits composed of reproductive, productive, visual body conformation scores traits	0.34-0.58	Bodhireddy et al. 2014
5 Bradford and Hereford cattle (113 sires 3,545 cows)	GBLUP, BayesB and ssGBLUP	Illumina Bovine SNP50 (cows) & Illumina HD (sires)	Tick resistance	0.39-0.49 validation set by K-means clustering 0.40-0.60 (validation set by random clustering)	Cardoso et al. 2014
6 East Africa Crossbred cattle	GBLUP and BayesC	Illumina Bovine HD	Milk yield	0.32-0.41 (GBLUP) 0.28-0.36 (BayesC)	Brown et al. 2016
7 Gyr dairy cattle (Bos indicus, Brazil) (454 bulls, 1,688 cows)	GBLUP	Illumina Bovine SNP50 (54,608) & Illumina HD SNP chip 777K	Milk yield, Fat yield, Protein yield, age at first calving	0.46-0.58 (only bulls reference) 0.47-0.62 (bull&cow reference)	Boison et al. 2017
8 Simmental (China) (1,302)	GBLUP, BayesA, BayesB, BayesC and BayesR	Illumina Bovine SNP50	20 economically important traits including growth, carcass and meat quality traits	0.16-0.52	Zhu et al. 2019
9 Brahman, Tropical Composites and cross breeds	GBLUP	Illumina Bovine SNP50	scrotal circumference, percentage of normal sperm and blood concentration of the hormone inhibin	0.54-0.81	Porto Neto et al. 2019

< 그림 2. 축산 선진국의 유전체 선발 방법에 따른 축산업 결과 >

- 국내에서는 국립축산과학원에서 약 5만 4천 개의 유전 정보를 담은 한우 맞춤형 유전자 칩을 개발하여 2017년 하반기부터 유전체 정보를 이용한 국가 단위 한우 씨수소 선발을 진행하고 있지만, 산업 현장에 적용하여 활용할 수 있는 기반은 매우 미흡한 실정



< 그림 3. 한우 맞춤형 유전자 칩 적용 사례 >

- 여러 기관에 나누어져 있는 한우 정보의 통합을 통한 빅데이터 DB의 구축 절실
- 한우는 국가에서 주도적으로 관리하는 고부가가치자원으로 한우의 체계적인 관리와 정보 수집을 위해서 많은 기관에서 협업을 통해 한우 산업 전반을 유지하고 있음
- 쇠고기에 대한 안전한 관리 및 유통과 소비자를 위해 실시된 한우 이력제의 정착으로 한우에 대한 다양한 정보가 수집·축적되어, 현재 대규모 정보 자원으로서 최근 축사로 (Chuksaro, <https://chuksaro.nias.go.kr>)를 통해 공공데이터로 활용되고 있음



< 그림 4. 공공기관 한우 데이터 >

- 하지만 한우 자원을 관리하는 기관이 다양하여, 정보의 관리와 출처, 규격이 일원화되지 않고 분산되어 정보의 효율성과 활용성이 떨어지며, 이를 산업에 적용하기가 쉽지 않음
- 한우 정보를 통합하여 유기적으로 사용할 수 있다면, 데이터 간의 상호작용을 통한 시너지 효과로 활용성과 효용성이 극대화되며, 정보를 관리하고 지속적으로 모니터링하는 것이 중요해지고 있음
- 통합 빅데이터를 활용하여 기존과는 전혀 다른 새롭고 유용한 결과 생산이 가능해지며, 이런 결과를 이용하여 한우 산업의 발전과 생산성 향상을 통한 농가 수익증대를 도모할 수 있는 다양한 사업에 적용될 수 있음

○ 한우 유전자원의 효과적인 활용을 위한 시스템의 부재로 한우 산업의 성장력 저하

- 한우의 유전자원은 국가에서 선정되는 씨수소를 중심으로 이루어지고 있으며, 암소의 유전적 자질에 대한 것은 최근예야 그 중요성이 대두되고 있음
- 하지만 한우 암소의 유전적 자질을 평가하기 위한 전문적인 시스템이 부족한 실정이며, 이러한 평가 결과를 활용하려는 방안도 마련되지 않은 상태
- 후대의 능력을 결정하는 것은 씨수소인 아버의 능력과 암소인 어미의 능력이기 때문에 암소의 능력을 정확하게 평가하고 이를 통하여 고능력의 송아지 생산체계가 절실한 실정
- 암소 고유의 유전적인 자질의 평가가 가능한 유전체 선발기술을 산업에 적용한다면, 고능력 암소 축군의 조성을 통해 전체 한우 집단의 고능력화를 가속화시킬 수 있음
- 유전체 선발기술의 적용을 위해서는 전문 지식을 보유한 전문가와 빅데이터를 활용할 수 있는 기반 IT 시설이 필요하며, 일반 농가에서 이를 적용하기는 쉽지 않기 때문에, 이를 대체할 수 있는 서비스 기관이 필요

○ 한우 농가 생산비 절감 및 수익성 증가를 위한 전문 컨설팅 서비스의 필요성 급증

- 한우의 높은 도체성적을 위해 일반적으로 사육하는 기간은 30~31개월령으로 장기적인 사육 기간으로 발생하는 사료비 및 생산비 증가로 농가 경제 및 운영에 부담이 가중되고 있음
- 만성적인 사육 기간 장기화 문제로 발생하는 농가의 운영 부담과 한우 쇠고기 경쟁력 약화에 따른 자급률 저하 문제를 해결하기 위해 사육 기간 단축 및 안정적인 고급육 생산을 위한 방안이 필요
- 최근 국립축산과학원에서는 한우 성장단계별 영양분, 단백질, 조사료 및 농후사료 등 사료 배합을 달리하여 한우 사육 기간을 기존의 30개월에서 3개월 단축된 27개월에 출하할 수 있는 사육 방법에 대한 정보를 공개하여, 한우 사육의 생산비 절감과 농가 수익 상승의 발판을 마련함

**이데일리** 2021년 08월 02일 화요일  
새창 열기 | 구독 | 로그인 | 회원가입 | 고객센터

경제 | 정책 | 금융 | 재권 | 워터 | 주세 | **산업·농업**

### "한우 사육기간 3개월 줄이세요"...농진청 새 사료 배합기술(종합)

말-성숙기 그대로 30~28개월 단축  
생산비용 20%이상 절감  
수입 쇠고기 가격 경쟁력 확보 기대  
사료회사·협회 등에 보급 확대 나서

김영록 기자

한우 성장단계별 소화가능한 영양분과 단백질 함량을 조절

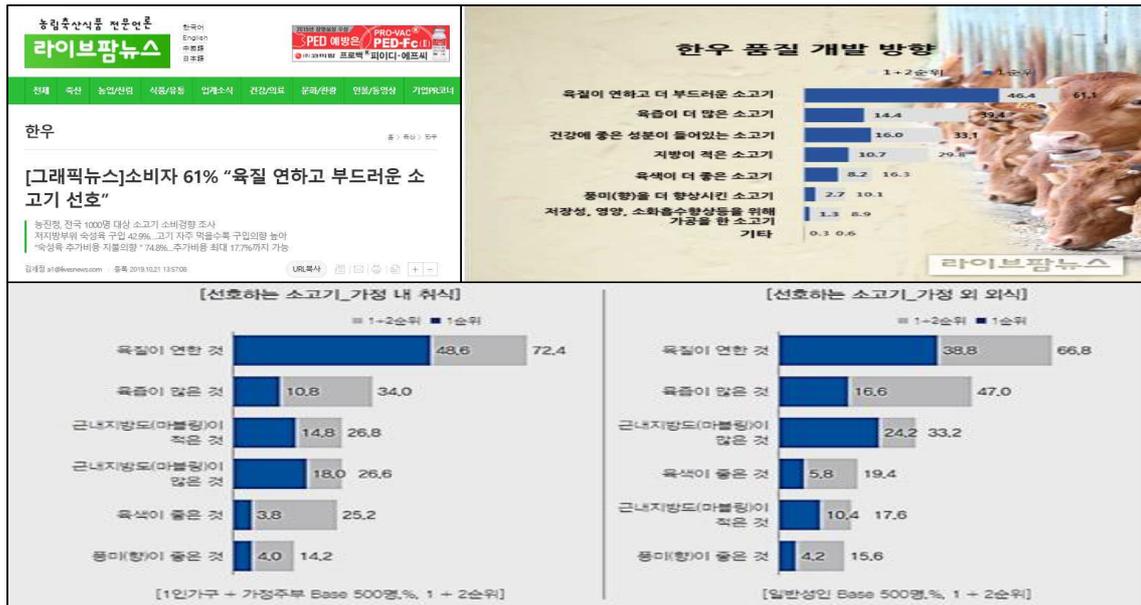
배육단계	육성기	배육전기	배육후기
생후월령	6~14	15~21	22~28
총 조사료 영양분(건물질)	72	78	80
조단백질(건물질)	17	16	15
농후조사료비	4:5	2:3	1:3

31-32개월 출하  
3개월 단축  
28개월 출하

< 그림 5. 한우 농가 생산비 절감 및 수익 상승 기술 소개 >

- 그러나, 단축된 사육 기간에 높은 도체성적을 얻기 위한 비육 방법에는 전문적인 지식과 기술이 필요하며 한우 각 개체가 가지고 있는 유전적인 능력을 고려하지 않는다면, 큰 효과를 거두기 어려워 이를 해결하기 위해 유전체 정보를 활용한 맞춤형 사육 방법이 필요함

- 최근 빠르게 변화하고 있는 소비자 트렌드에 맞춰 개선된 도체 등급판정 기준에 따라 고등급의 한우육을 생산하기 위한 새로운 방식의 사육 방법 및 농가 운영을 위한 전략 모델의 필요성이 높아지고 있음
- 기존 근내지방 위주에서 지방은 적지만 맛은 뛰어난 고급육에 대한 선호도가 증가하고 있으며, 이러한 소비자의 트렌드 변화에 맞춰 농가의 사육 한우에 대한 체질 개선 및 새로운 사육 방법의 도입이 시급



농촌진흥청, 2019 '한국인의 소고기 소비트렌드'

- 농림축산식품부의 주도로 축산물품질평가원과 함께 근내 지방도의 비중은 낮추고 육색, 지방색, 성숙도, 섬세도 및 조직감 등의 비중을 높여 육질의 등급 선정 기준에 변화를 주고 있으며, 이를 통해 향후 과도한 사료 제공 및 수입 농후 사료의 낭비를 줄이는 방법으로 도입할 예정임

육질 등급	근내 지방도	근내지방 섬세함		
		섬세	보통	멍침
1++	9	1 <sup>++</sup>	1 <sup>++</sup>	1 <sup>+</sup>
	8	1 <sup>++</sup>	1 <sup>++</sup>	1 <sup>+</sup>
1+	7	1 <sup>++</sup>	1 <sup>+</sup>	1
	6	1 <sup>++</sup>	1 <sup>+</sup>	1
1	5	1 <sup>+</sup>	1	1
	4	1 <sup>+</sup>	1	1



<거침>



<섬세>

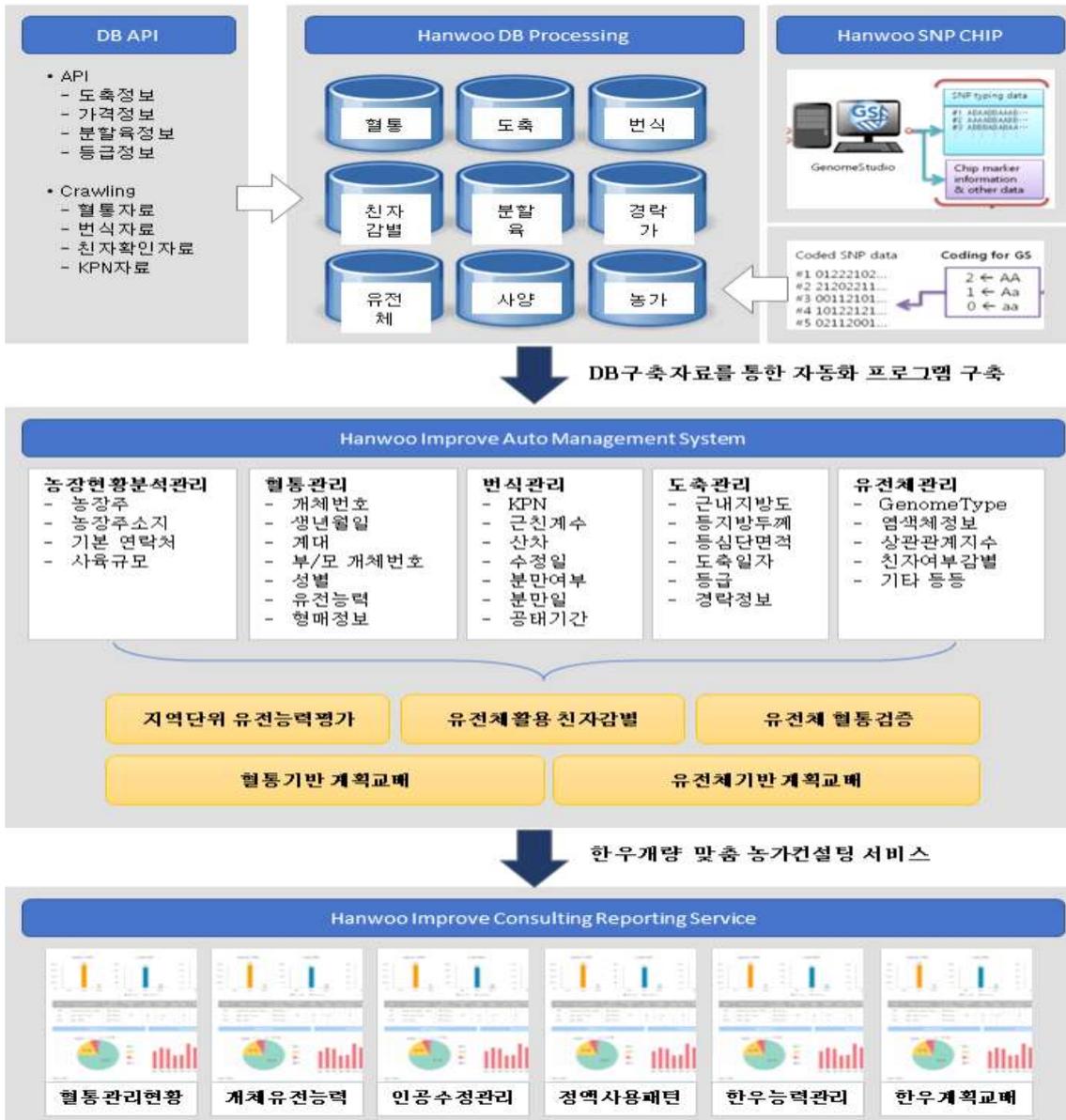
< 그림 6. 한우 도체육 육질 등급 선정 기준 >

- 일반 농가에서는 지역거점 대학 연구실이나 기관(한국종축개량협회, 축협) 등을 통하여 농가 운영 및 사육 중인 한우의 개량을 위한 컨설팅을 받고 있지만, 전문인력의 부족과 농가의 성향을 고려한 맞춤형 정보 제공의 한계로 활용성이 떨어지고 있음
- 이에 따라, 본 사업화 기술 개발사업을 통하여 한우의 이력 정보, 혈통정보, 사육정보 및 유전체 정보를 통합한 빅데이터(big data) DB를 구축하고, 이를 기반으로 거세우의 고급육 형질과 번식우의 번식 형질을 높은 정확도의 유전체 선발(Genomic Selection; GS) 기법의 적용을 통해 고능력 개체를 선발하여 농가의 축군을 개량하고, 개체가 고유

하게 가지는 유전적인 능력을 통해 도축성적 및 번식성적을 예측, 농가의 생산비 절감과 수익증대를 위한 맞춤형 사육 방법 및 번식 방법의 컨설팅 솔루션 정보를 제공하는 플랫폼(platform)을 개발, 한우 농가의 생산성 향상 컨설팅 서비스 사업 수행을 통해 농가의 생산성을 향상시켜 안정적이고 체계적인 시스템의 농가 운영을 위한 서비스 지원 사업을 개발하고자 함

## □ 연구개발과제의 목표

### 1) 연구개발과제의 최종 목표



< 그림 7. 한우 농가 생산성 향상 컨설팅 서비스 개발제품 모식도 >

## ○ 한우 개체이력 정보 기반의 유전체 통합 빅데이터 DB 구축 및 정보 관리 시스템 개발

- 한우 개체이력, 혈통, 사육 등의 공공데이터 규격화 및 자료 수입을 위한 시스템 구축
- 한우의 유전체 정보에 대한 규격화 및 공공데이터와 연계·통합 시스템 개발
- 자료 보관 DB에서 분석 기관, 서비스 시스템까지의 파이프라인 설계 및 DB 연동 체계 구축

- 빅데이터 기반의 한우 유전능력 평가를 위한 경제형질 예측 모델 및 최적 분석 기술 연구
  - 한우 경제형질(고급육, 번식)에 대한 유전능력 평가 최적 모델 및 경제적 가중치 연구
  - 경제형질 조합에 따른 경제적 가중치 및 선발지수 모델 설정을 통한 최적 예측 모델 개발
  - 빅데이터 DB 기반의 최적 예측 모델을 적용한 한우 유전능력 자동 분석 시스템 구축
  
- 한우 경제형질 유전능력 평가 결과를 활용한 농가 생산성 향상 컨설팅 서비스 모델 개발
  - 한우의 유전능력 평가 결과와 빅데이터 DB를 이용한 농가 생산성 향상 컨설팅 콘텐츠 개발
  - 거세우 및 번식우 경제형질의 유전능력에 따른 맞춤형 사육 및 번식 방법 개발
  - 한우 컨설팅 정보 생성을 위한 자동화 프로그램 개발 및 리포트 시스템 구축
  - 농가 컨설팅을 위한 서비스 모델 개발 및 컨설팅 수행 매뉴얼 구축
  - 농가 컨설팅 서비스 시범 수행으로 농가 현장에 최적화된 방식의 컨설팅 서비스 방법 모색
  
- ICT 기반의 한우 농가 생산성 향상 컨설팅 서비스 플랫폼 개발
  - 농가 컨설팅 및 솔루션 결과를 바탕으로 ICT 기반의 플랫폼 설계 및 개발
  - 한우 빅데이터 DB와의 연계를 통하여 다양한 방식의 컨설팅 정보 제공 체계 구축
  - HTML5 기반 리포트를 활용한 원스톱 농가 생산성 향상 컨설팅 보고서 생성 시스템 개발
  - 플랫폼의 정보를 이용한 컨설팅 수행 매뉴얼 및 서비스 모델 개발

## 2) 연구개발과제의 단계별 목표

[주관연구기관 : (주)티엔티리써치]

- 1단계 목표 : 한우 경제형질 중심의 맞춤형 컨설팅 솔루션 및 서비스 모델 개발
  - 한우 종합 공공데이터와 유전체 정보 사이의 연계를 통한 빅데이터 DB 구축
    - 축산물품질평가원에서 한우 개체이력번호(12자리)를 기준으로 된 한우 통합 빅데이터 제공
    - Hanwoo SNP chip을 이용한 대량의 유전체 정보생산 체계 설정 및 유전체 정보의 규격화
    - 통합 빅데이터와 유전체 정보의 연계 방안 모색 및 DB 구축, 통합 자료 관리 시스템 개발
  - 한우 고급육 및 번식 형질에 대한 성적 예측, 경제성 추정의 분석 자동화 프로그램 개발
    - 공동연구기관에서 개발한 한우 유전능력 평가 및 최적 예측모델, 경제성 추정 모델 결과 이용
    - 통합 빅데이터를 이용한 한우 유전능력 평가와 경제형질 예측, 경제성 추정 자동화 시스템 개발
  - 한우 경제형질 중심의 컨설팅 콘텐츠 및 농가 생산성 향상 솔루션 개발
    - 농가의 생산성을 향상하기 위하여, 농가의 운영 현황, 사육 한우 개체의 유전능력 평가, 각 한우의 유전적 자질에 따른 맞춤형 사육 및 번식 방법에 대한 정보 제공 목적

- 개발된 한우의 평가 시스템의 결과물을 활용하여 농가에 제공할 수 있고, 생산성 향상을 위해 필요한 요소를 고려한 컨설팅 및 솔루션 콘텐츠 개발
- 컨설팅 콘텐츠 및 솔루션 자동 생성 시스템 구축, 리포트 자동 작성 프로그램 개발
  - 한우 농가 생산성 향상을 위해 개발된 컨설팅 및 솔루션 콘텐츠를 유전능력 평가 결과를 이용하여 자동으로 생성하는 시스템 구축
  - 컨설팅 및 솔루션 결과물을 농가에 따라 분류하여, 정보를 전달하고, 이해하고, 활용하기에 적합한 형태의 리포트 작성 프로그램 개발
- 오프라인 컨설팅 매뉴얼 설정 및 농가 교육을 위한 컨설팅 교육 콘텐츠 제작
  - 개발된 시스템을 이용하여 농가에 따른 컨설팅 및 솔루션 정보를 농가에 방문하여 제공하고, 각 정보에 대하여 활용방안에 대해 서비스하기 위한 매뉴얼 설정
  - 제공 정보를 농가에서 꾸준히 활용하여 효과적으로 농가에 적용할 수 있게, 컨설팅 및 솔루션 콘텐츠에 대한 교육 커리큘럼과 자료를 제작하여 공급
  - 개발제품을 기반으로 농가에 서비스할 수 있는 비즈니스 모델을 구축하고, 원활한 서비스를 위해 지역의 거점 컨설팅 기관 및 대학 연구소와의 컨소시엄 구성

## ○ 2단계 목표 : 한우 농가 생산성 향상 컨설팅 서비스 플랫폼 구축

- 빅데이터, 유전능력 평가 결과, 컨설팅 정보와 연계된 컨설팅 플랫폼 개발
  - 온라인 환경에서 실시간으로 농가에 컨설팅 및 솔루션 정보를 전달하고, 전달된 정보에 대한 활용 방법 등에 대하여 실시간 양방향으로 소통할 수 있는 플랫폼 개발
  - 통합 빅데이터 DB와 연동하여, DB의 자료와 시스템을 통해 생성되는 분석 결과 및 컨설팅 정보를 기반으로 리포팅 시스템과 연계하여 구축
  - 한우 농가의 운영 현황 정보, 사육 한우의 유전능력과 경제성, 수익성 평가, 한우의 성별(거세우, 암소)에 따른 맞춤형 사육 및 번식 방법에 대한 정보가 주요 콘텐츠로 제공
- 플랫폼 기반의 컨설팅 서비스 및 비즈니스 모델 수립
  - 온라인 환경인 컨설팅 플랫폼을 통해 이용 고객에게 제공할 수 있는 서비스 모델을 수립하고, 이를 바탕으로 한 비즈니스 모델을 개발
  - 온라인의 장점인 실시간, 양방향 소통을 활용한 서비스 모델을 구축하고, 플랫폼을 통해 이용자에게 제공할 다양한 정보들을 추가적으로 수집, 제작 방안 모색
  - 기존 오프라인의 서비스 모델과 병행하여 상호 보완적인 형태의 비즈니스 모델을 구축, 온·오프라인을 통해 한우 농가 생산성 향상 컨설팅 서비스 제공의 프로세스 개발
- 온라인 기반의 한우 컨설팅 서비스의 사업화
  - 온라인 기반의 한우 컨설팅 서비스의 사업화를 위하여 홍보자료를 제작하고, 주요 수요처 및 고객을 설정하여, 이를 대상으로 한 마케팅 방법을 개발
  - 인력 확충을 통하여 전국 단위의 서비스를 준비하고, 이를 위해 온라인 플랫폼의 장점을 활용
  - 축산물품질평가원, 축협과의 협업을 통하여 전국 단위 서비스에서 지역을 중심으로 한 기관, 협회 및 전문가를 대상으로 협력 체계 구축
  - 협력 체계를 바탕으로 전국 한우 농가를 대상으로 규격화된 서비스를 제공하고, 제공되는 컨설팅 서비스 정보의 공인된 활용 방법을 제공할 수 있는 체계 수립

[공동연구기관 : 축산물품질평가원]

○ 1단계 목표 : 한우 공공 빅데이터 구축 및 신 경제형질 활용한 도체등급 적용방안 연구

- 한우 공공 빅데이터의 수집 및 통합, 자료의 규격화 방안 모색
  - 한우 개체이력번호(12자리) 기준의 개체정보, 혈통정보, 사육정보 등의 수집 체계 설정
  - 한우 공공 빅데이터 수집 및 통합을 위한 자료의 규격 방안 수립
  - 한우 공공 빅데이터와 외부 컨설팅 DB와의 연계 방안 모색
  - 외부 DB와의 한우 공공 빅데이터 연계 파이프라인 구축
- 한우 신 경제형질을 활용하여 소도체 등급기준 적용방안 연구
  - 한우의 주요 품질 요인인 등급 판정부위(등심단면적)의 이미지 자료 수집·분석을 통해 신 경제형질인 근내지방도 섬세지수를 활용하기 위한 등심 이미지 빅데이터 구축
  - 한우 등급별 근내지방 섬세도에 따른 이화학 품질특성 연구 및 섬세지수를 소도체 등급 판정기준에 적용하기 위한 적정성 검토
  - BMS별 섬세도에 따른 품질비교, 소비자 선호도 조사를 통해 기호도가 높은 섬세지수 구간 설정
  - 현재 소도체 등급 판정기준인 근내지방도 BMS.NO와 이미지 값(섬세도, 지방면적비, 단면적 크기)의 상관도 분석으로 현 등급판정체계를 과학적으로 규명하고 섬세지수를 활용한 BMS(근내지방도) 판정 초기모델 개발
  - 한우 BMS 판정모델의 현장 시험 적용 및 BMS별 섬세지수를 활용한 등급 판정기준 설정

○ 2단계 목표 : 축산물이력제 사육단계에 대량유전체 분석 시스템(SNP chip)을 도입하여 사육 단계 이력관리 정확성 제고 연구

- 축산물이력제 사육단계에 대량유전체 분석 시스템(SNP chip)을 도입하여 사육단계 이력 관리 정확성 제고 연구
  - 부·모의 개체번호 입력 오류, 귀표 둔갑, 혈통오류 등의 이력 정보 보완을 위해 유전체 분석(SNP chip) 방법을 이용한 이력 관리 정확도 향상 연구
  - 한우·젖소 씨수소 개량사업 당대검정 부분의 후보씨수소 선발 후 유전자형 검사(MS, SNP 검사 등)의 교차검증으로 분석정보의 정확성 제고

[공동연구기관 : 영남대학교]

○ 1단계 목표 : 한우 암소 번식형질 유전체 육종가 추정 최적 모델 개발

- 한우 암소 번식형질에 대한 수집 체계 구축 및 번식형질의 평가 기준치 설정
  - 암소의 번식형질에 대하여 기존의 수집된 정보를 바탕으로 정확한 수집 체계 구축
  - 번식형질에 다른 능력 평가에서 평가의 기준치를 설정하고, 설정된 기준치에 대한 검증 수행
  - 번식형질의 성적에 영향을 미치는 환경적 요인을 분석하고, 환경요소의 영향치를 추정
- 한우 암소 번식형질에 대한 유전체 유전능력 평가 최적 모델 연구
  - 암소의 번식형질에 대하여 유전능력 평가를 하기 위한 참조집단 설계
  - 번식형질의 고유한 유전적 자질을 평가하기 위한 최적의 유전능력 평가 모델 연구

- 번식형질 유전능력 평가 기반의 경제적 가중치를 통한 경제성 평가 모델 개발
  - 한우 암소에서 번식형질에 따라 암소의 능력과 수익에 미치는 영향을 조사
  - 번식형질이 암소에 미치는 영향에 따른 경제적 가중치를 추정
  - 경제적 가중치에 기반하여 암소의 경제성을 추정하는 평가 모델 개발

○ **2단계 목표 : 한우 번식/도체 고급육 형질을 조합한 선발지수식 개발 및 유전체 선발체계 구축**

- 한우의 번식과 도체형질 조합에 따른 경제적 가중치 연구 및 추정 모델 개발
  - 한우의 경제형질인 번식과 도체형질을 조합하기 위한 각 형질에 따른 가중치 연구
  - 암소와 거세우에 따라 번식과 도체형질이 미치는 영향을 고려하여 맞춤형 경제적 가중치 개발
  - 경제형질의 조합에 따라 한우의 경제성을 평가하고 추정하는 모델 개발
- 한우 경제형질을 종합 평가하는 선발지수식 기반 유전체 선발체계 구축
  - 한우의 경제형질에 따른 경제성 평가와 유전능력 평가를 기반으로 한 종합 평가 기준 설정
  - 한우 경제형질 종합 평가를 위한 최적의 선발 지수식 연구 및 개발
  - 암소와 거세우에 따른 맞춤형 선발지수식을 기반으로 한 한우 선발체계 구축

[공동연구기관 : 충남대학교]

○ **1단계 목표 : 한우 경제형질 예측 최적 모델 및 경제적 가중치 선발지수 모델 연구**

- 한우 경제형질 예측을 위한 유전체 분석 최적 모델 개발
  - 한우 암소 유전체 육종가 추정 최적 모델 설정 및 정확도 검정
  - 한우 참조집단의 환류 주기에 대한 모의실험 : 최적 참조집단 설계
  - 출하시기 별(Age Class) 유전체 육종가 추정 체계 구축
- 한우 도축성적에 대한 경제적 가중치 설정 및 선발지수 모델 연구
  - 기존 도체형질(출하시기 별)과 소비형질을 이용한 새로운 선발지수 모델 개발

○ **2단계 목표 : 한우 경제형질 및 유전능력 자동 평가 시스템 개발**

- 한우 경제형질 예측 및 유전능력 평가 자동화 분석 시스템 개발
  - 유전체 육종가 추정 자동화 서비스 파이프라인 구축
  - 지역별 암소 유전평가 자동화 서비스 체계 구축 및 연계 정보 자동 환류 시스템 설계

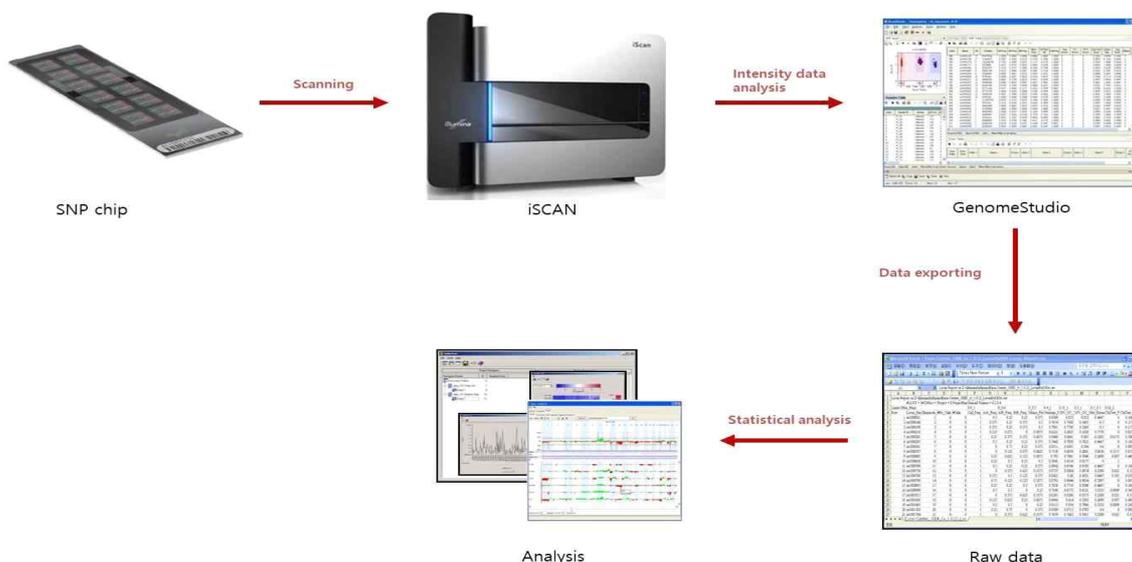
## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

[주관연구기관 : (주)티엔티리써치]

### ○ Hanwoo 50K SNP beadchip 기반의 한우 유전체 대량 생산 체계 구축

- Hanwoo 50K v.1 assay를 이용한 유전체 정보 생산 체계
  - 유전체 정보 생산에서 양질의 정보를 생산하는 여부를 결정하는 주요 요인은 시료 genomic DNA의 농도 및 순도
  - 한우 시료 당 250ng (5  $\mu$ l)의 gDNA가 필요하며, epoch를 이용하여 측정된 농도 및 순도를 기준으로 함
  - 전기영동으로 DNA degradation 여부를 확인함으로써 농도측정으로 확인할 수 없는 DNA의 특성을 파악하고, genotype data의 quality를 극대화
  - 유전체 정보 생산 시스템 구축은 Hanwoo 50K v.1 assay의 single base extension 기법을 응용하여 단순화된 방식을 통하여 정보를 생산
  - 총 3가지 단계를 거쳐 진행이 되며, 해당 과정과 사전 실험을 통하여 생산되는 양질의 gDNA의 quality에 따라 생산되는 정보가 결정

### Hanwoo 50K v1.0 BeadChip Process



### [Beadchip Workflow]

- 사업화를 위하여 대량의 한우 시료로부터 유전체 정보를 생산하기 위한 체계를 구축
  - 유전체 정보를 생산하는 과정에서 대용량의 시료를 실험할 경우, 일정 규모를 기준으로 반복적인 실험을 수행
  - gDNA 생산 단계에서 전기영동으로 DNA degradation 여부를 확인하는 과정에서 발생하는 분석 시간의 소요가 많음
  - 양질의 gDNA를 생산하면서, 소요되는 시간을 단축하기 위한 방안을 구상
  - 1회 실험에 이용되는 실험 규모를 고려하여, 임의의 시료를 선별하여 QC를 진행하는 과정을 통하여 소요되는 시간을 단축

- 동일한 방식으로 같은 실험 방법이 적용되는 일정 규모를 기준으로, 임의 시료를 선별하는 방법에 대하여 자체 개발된 프로그램을 이용
- 대량 시료를 이용한 유전체 정보 생산 체계를 수립하고, 수립된 방식에 대한 검증을 위한 자체 검증 수행

○ 한우 종합 공공데이터와 유전체 정보 사이의 연계를 통한 빅데이터 DB 시스템 설계

- 한우의 개체식별번호를 바탕으로 이력, 혈통, 분만, 도체 정보 등을 각 유관기관의 DB를 통해 취합할 수 있는 시스템을 구축
- Hanwoo 50K SNP beadchip을 통하여 생산된 유전체 정보와 통합하여 연계되는 하나의 시스템 개발
- 축산물품질평가원, NH농협, 축산과학원 등 한우산업 관련 유관기관과의 데이터 교환을 위한 파이프 라인을 설계하고 원활한 데이터의 교환을 위하여 공공데이터 OPEN API 활용



[그림 8. 시스템 아키텍처]

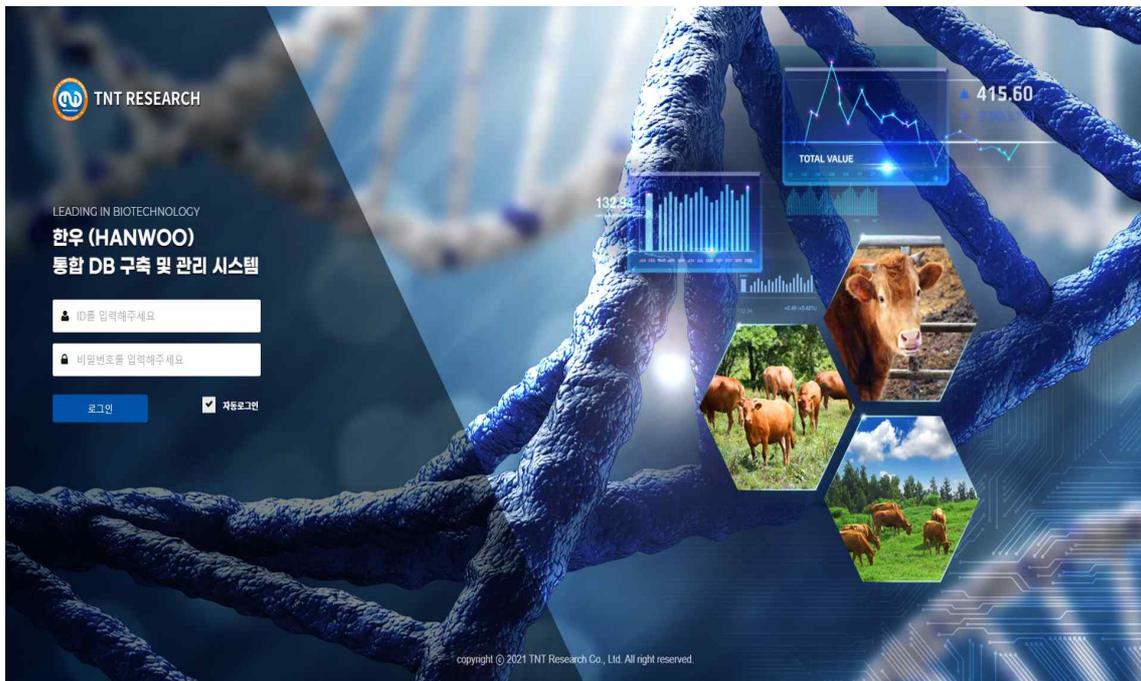
○ 한우 유전능력 평가 알고리즘을 활용한 유전능력 평가 결과 시스템 및 DB 시스템 개발

- 한우 공공데이터에 해당하는 이력, 혈통, 도축, 분만 성과와 유전체 정보를 통합한 DB 데이터를 이용하여 유전능력을 평가하는 시스템 개발
- 한우의 도축성적에 대한 유전체 유전능력을 평가하는 알고리즘을 바탕으로, 각 개체의 도축 성적 유전능력을 자동으로 추정하는 일련의 파이프라인 구축

- 전체 데이터를 관리하는 DB 시스템에서 추정된 유전능력 평가 결과를 관리 및 자료화하여 보관하는 프로그램 추가
- 시스템 접속환경

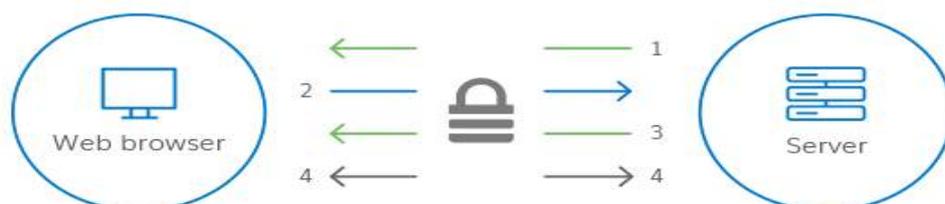


- 인터넷이 가능한 컴퓨터에서 시스템 사용/접근가능이 가능하며, 브라우저 종류는 Explorer, Chrome, FireFox, Safari 등이 가능
- 윈도우 및 맥 등 운영체제에서 설치되어져 있는 인터넷 접속 프로그램을 통해 접속이 가능

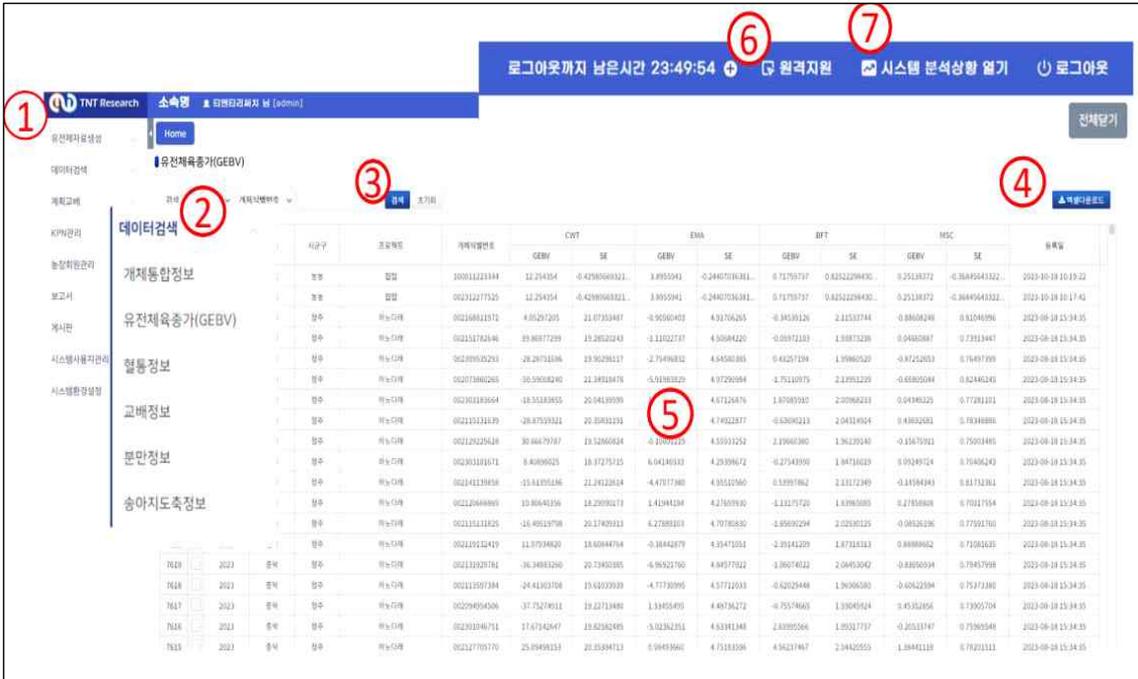


[메인 (로그인) 화면]

- 주요 개발기능
- 인터넷 환경을 통해 접속한 시스템의 메인 화면을 통하여, 각 사용자 별로 할당된 ID/Password를 바탕으로 접속
- 보안SSL 인증서 적용을 통한 시스템의 정보 암호화 알고리즘을 적용 및 서비스
- 최종 사용자가 볼 수 없는 'SSL Handshake'라는 프로세스를 통해 웹 서버와 브라우저 간에 안전한 연결이 수립되며 3가지 키를 사용하여 대칭 세션 키를 만들며 이렇게 만들어진 세션 키는 전송 중 데이터를 암호화하는 데 사용됨
- 사용자의 편의성 기능을 위한 서버 및 로컬 PC 기반의 세션 처리를 갖춘 자동로그인 기능을 제공하여 동일한 PC에서의 로그인 간편 체계를 확립



- 메인화면



[시스템 메인화면]

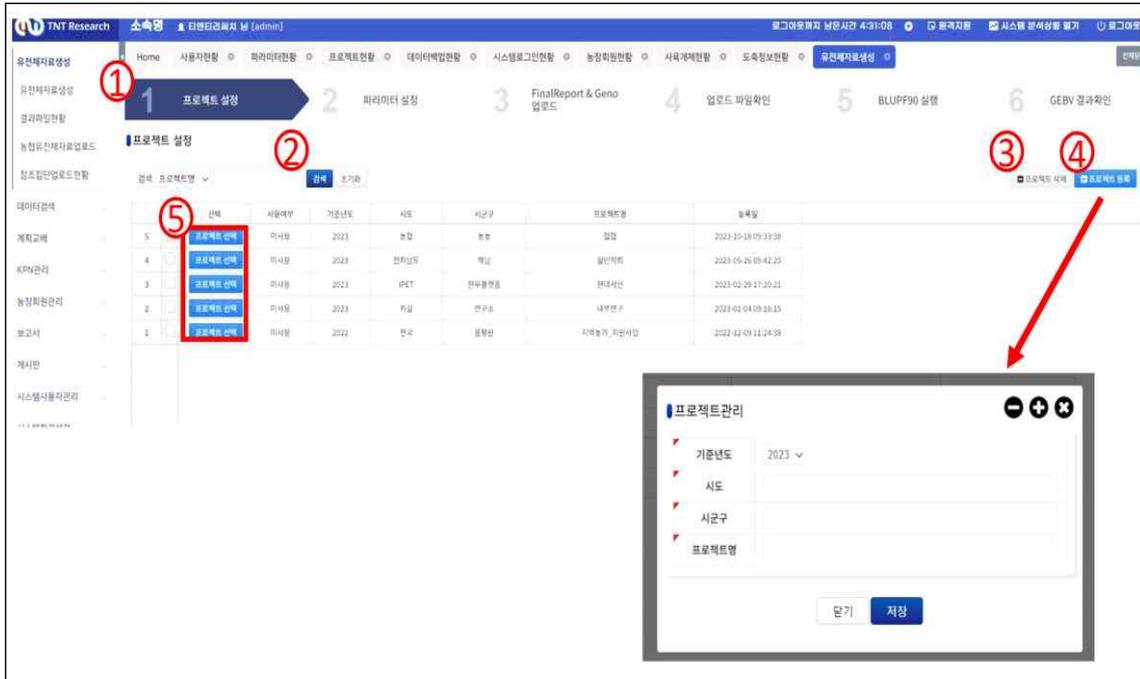
- 메인화면은 유전체 데이터 자동처리 실행시스템(Analysis Agent)을 통해 생성된 유전체 육종가(GEBV)로 표시되며, 검색, 엑셀 다운로드, 로그아웃 등의 기능 제공
- 관리 시스템을 통해 분석 진행에 대한 현황을 볼 수 있는 별도의 기능을 추가



[시스템 분석상황 표시 화면]

- 시스템의 원활한 활용과 데이터 보안을 위하여 사용자에게 따른 로그아웃까지의 시간을 설정하였으며, 해당 시간 이상 사용시 자동으로 로그아웃이 진행되도록 설정
- 다수의 사용자가 해당 시스템을 사용할 것을 대비하여, 원격지원 기능을 추가하여, 사용자에게 대한 원활한 A/S가 가능하게 재구성을 수행
- 각 항목 클릭 시 해당 페이지로 이동 가능

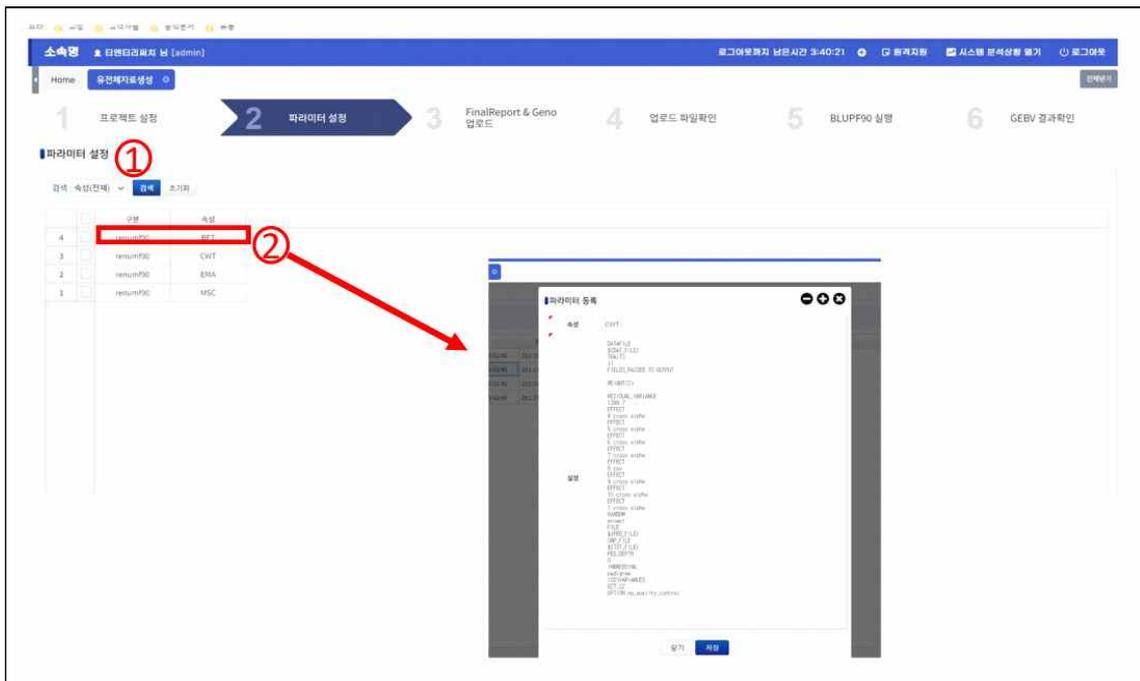
- 유전체 자료 프로젝트 설정



[프로젝트 설정]

- 유전체 자료 및 프로젝트 설정 화면의 경우 각 프로젝트에 대한 분류 기준을 세분화
- 현재 지자체 한우 유전체 사업 참여를 위하여 각 시도 및 시군별 구분 기준을 추가
- 새로운 프로젝트에 대한 등록/수정 및 삭제 기능을 제공하여 자체적 관리 가능

- 유전체 자료 파라미터 설정

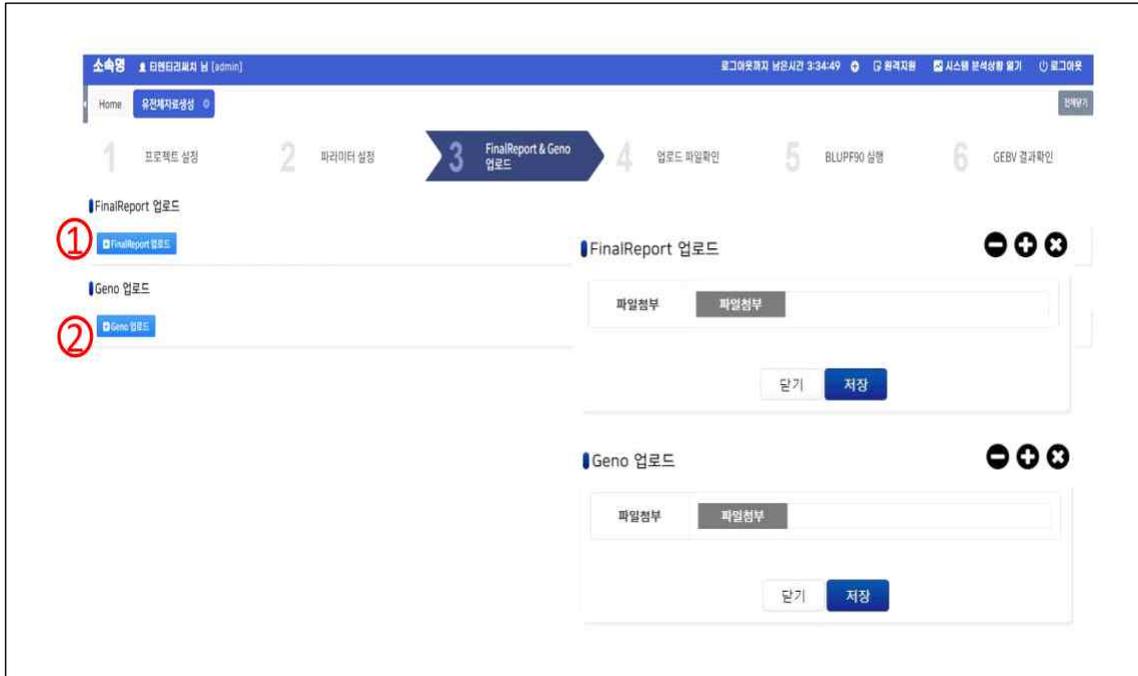


[파라미터 설정]

- 유전능력 평가를 수행하기 위해 필요한 파라미터 파일 설정 화면
- BLUPF90 프로그램을 통해 추정되는 유전체 육종가(GEBV)를 구하기 위한 설정 파일

- 분석 대상 형질 혹은 분석 방법에 따라 서로 다른 파라미터 파일 설정 (관리자 권한 필요)
- 각 분석 방법 및 대상 형질에 따른 파라미터 파일 기준 정보 저장

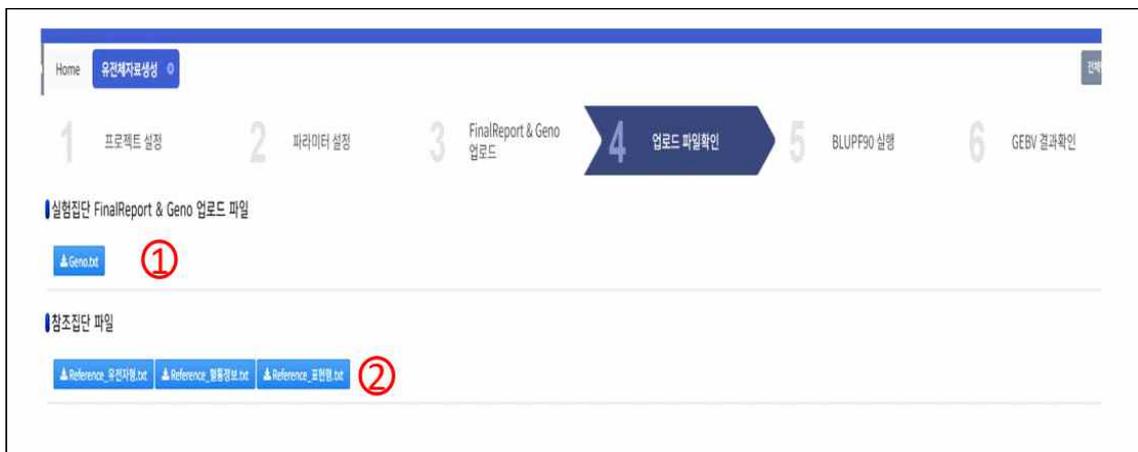
- 유전체 자료 업로드 (Final Report & Geno)



[유전체 자료 업로드]

- Hanwoo 50K SNP chip을 통해 생성된 한우의 유전체 정보를 시스템에 업로드하는 화면
- 업로드하는 유전체 정보 파일의 형태에 따라, 2가지 방식으로 업로드 가능
- GenomeStudio 2.0을 통해 생성되는 Final Report 형태와 별도의 변환 프로그램을 통해 생성되는 Geno 형태의 파일로 업로드 가능
- 업로드한 파일은 유전체 데이터 자동처리 실행시스템(Analysis Agent)을 통해 DB 저장

- 유전체 자료 업로드 파일 확인

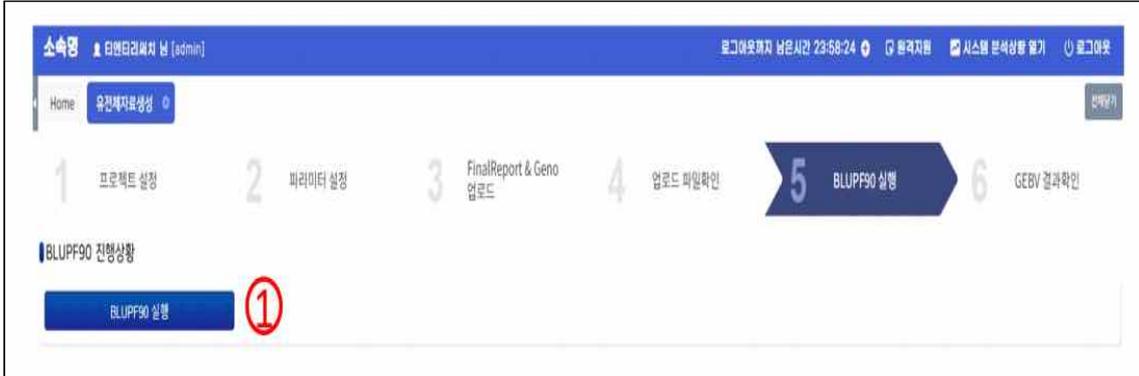


[업로드된 유전체 자료 확인]

- 업로드된 파일에 대하여 별도의 확인 단계를 추가
- 업로드한 테스트 집단에 대한 유전체 정보를 확인할 수 있으며, 분석에 이용되는 참조집단에 대한 파일의 경우 관리자 권한이 있는 경우 확인 가능

- 일반 사용자의 경우 참조집단에 대한 파일은 확인이 불가능하며, 참조집단에 대한 별도의 정리된 정보만 제공

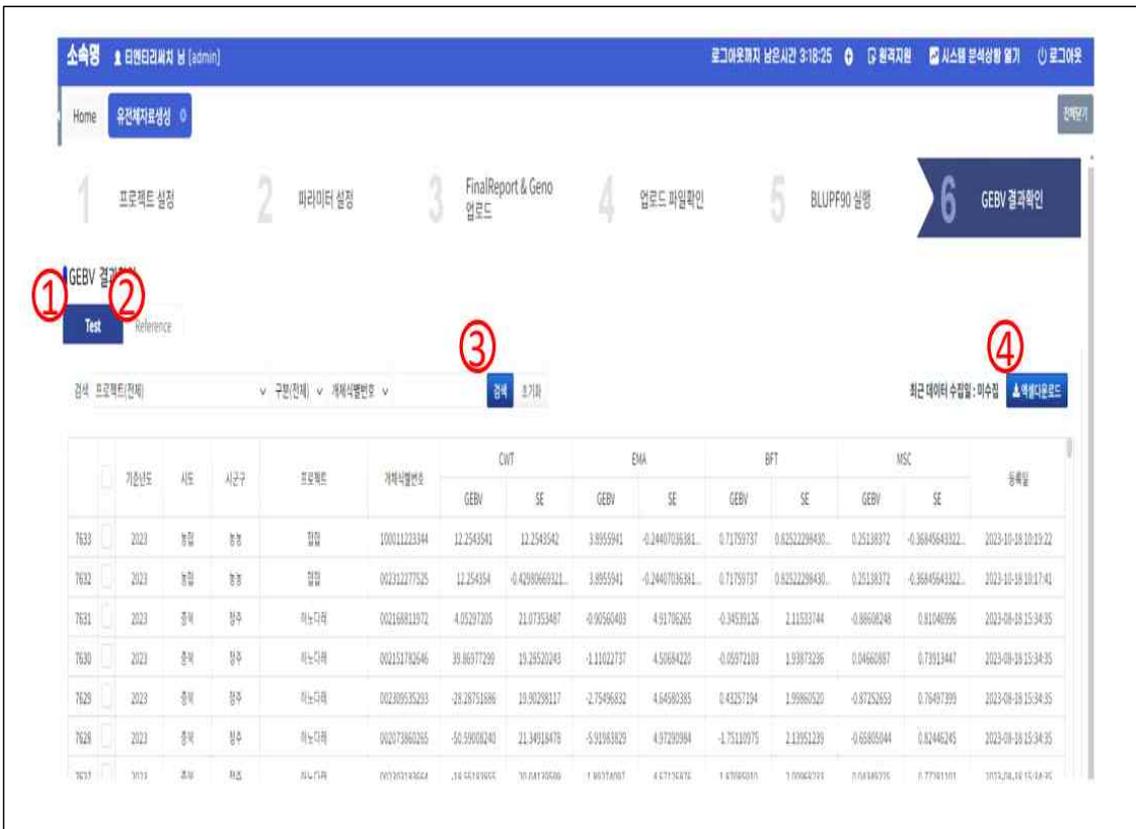
- 유전체 자료 업로드 (Final Report & Geno)



[유전체 유전능력 평가 수행]

- 업로드한 파일을 이용하여 유전체 유전능력 평가 수행

- 유전능력 결과 파일 현황



[유전능력 평가 결과 파일 현황]

- 한우 참조집단을 이용하여, 평가 대상 집단의 유전능력 평가 결과 파일 현황
- 유전체 데이터 자동처리 실행시스템(Analysis Agent)을 통해 생성된 결과 파일
- 각 프로젝트별 결과 파일을 참조집단과 평가 대상 집단으로 나누어 표기
- 각 결과에 대해서, 프로젝트, 분석 시간, 분석 두수에 따라 표기하여 결과 혼용 방지

- 유전능력 결과 파일 현황

등록일자	사용자 아이디	구분	기준년도	시도	시군구	프로젝트명	결과파일명	등록일자	다운로드
2023-08-03	test	실검집단	2023	경기도	안산	차용202308	230803_83_Hanwoo_Test_GEBV_results.txt	2023-08-03 10:31:38	다운로드
2023-08-03	test	실검집단	2023	경기도	안산	차용202308	230803_83_Hanwoo_Ref_GEBV_results.txt	2023-08-03 10:31:38	다운로드
2023-08-03	test	실검집단	2023	충청	천주	차용	230803_82_Hanwoo_Test_GEBV_results.txt	2023-08-03 14:22:54	다운로드
2023-08-03	test	실검집단	2023	충청	천주	차용	230803_82_Hanwoo_Ref_GEBV_results.txt	2023-08-03 14:22:54	다운로드
2023-09-01	test	계획교배	2023	대구경북	대구	계획 FL 테스트 2	230901_92_Image_Mating_results.txt	2023-09-01 21:33:31	다운로드
2023-09-01	test	실검집단	2023	대구경북	대구	계획 FL 테스트 2	230901_81_Hanwoo_Test_GEBV_results.txt	2023-09-01 21:30:01	다운로드
2023-09-01	test	실검집단	2023	대구경북	대구	계획 FL 테스트 2	230901_81_Hanwoo_Ref_GEBV_results.txt	2023-09-01 21:30:01	다운로드
2023-07-25	test	실검집단	2023	2번	대구	농가차	230725_77_Hanwoo_Test_GEBV_results.txt	2023-07-25 18:07:27	다운로드
2023-07-25	test	실검집단	2023	2번	대구	농가차	230725_77_Hanwoo_Ref_GEBV_results.txt	2023-07-25 18:07:27	다운로드
2023-07-24	test	계획교배	2023	경기도	의정부	분석상황 테스트 13T	230723_74_Image_Mating_results.txt	2023-07-24 11:12:34	다운로드
2023-07-24	test	계획교배	2023	경기도	의정부	분석상황 테스트 14T	230723_74_Image_Mating_results.txt	2023-07-24 11:09:08	다운로드

[유전능력 평가 결과 파일 현황]

- 해당 사용자가 지금까지 수행한 유전능력 분석 결과에 대한 파일 현황 리스트 제공
- 각 현황에 대한 결과 파일을 별도로 저장하여 다운로드 가능하게 구성
- 테스트집단과 참조집단에 대한 유전능력 평가 결과를 모두 다운로드 받을 수 있으며, 결과 파일은 텍스트 형식으로 제공

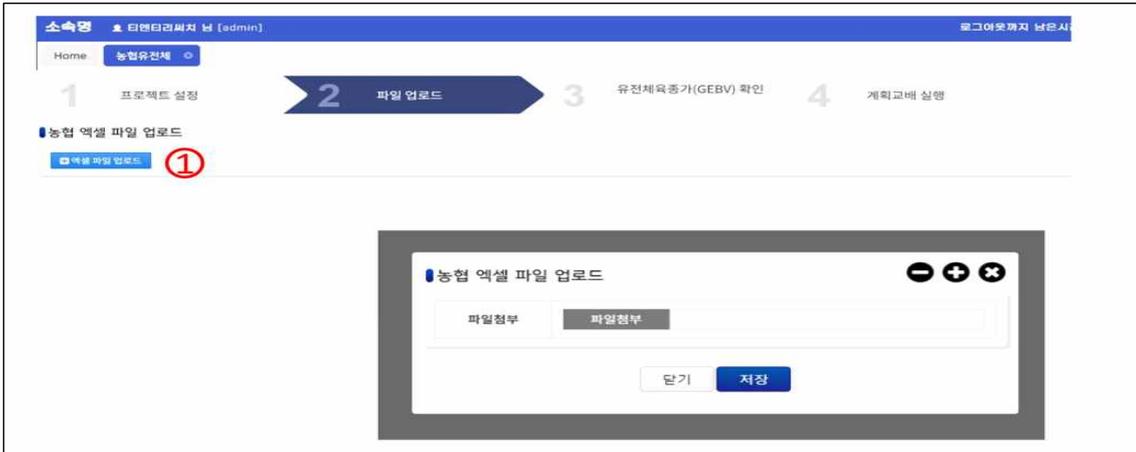
- 국가 개량 DB 유전체 자료 저장 기능

번호	선택	사용자명	기준년도	시도	시군구	프로젝트명	등록일
5	<input type="checkbox"/>	미시용	2023	충청	충주	합업	2023-10-18 09:33:38
4	<input type="checkbox"/>	미시용	2023	전라남도	계남	일반적위	2023-05-26 09:42:25
3	<input type="checkbox"/>	미시용	2023	서울	한양중점	현대사신	2023-02-28 17:20:21
2	<input type="checkbox"/>	미시용	2023	서울	연우소	내방연구	2023-01-04 09:16:15
1	<input type="checkbox"/>	미시용	2022	전국	용담반	지역농가_지분사업	2022-12-09 11:24:38

[국가 개량 DB 유전능력 평가 결과 업로드 - 프로젝트 구성]

- 국립축산과학원 개량평가과와 농협중앙회 한우개량사업소에서 구축한 국가 개량 DB의 유전능력 평가 결과에 대한 업로드 화면
- 국가 개량 사업 및 지자체 한우 유전체 분석 사업의 기본 분석 시스템으로 설정되어있는 국가 개량 DB의 유전능력 분석 결과에 대한 활용 요청이 증가함에 따라 신설된 기능
- 국가 개량 DB를 통해 분석된 결과를 엑셀 파일 형태로 저장하여 업로드할 수 있게 구성

- 현재까지 도체형질 4가지(도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도)에 대한 유전체 유전능력 평가와 평가 결과에 대해서 업로드 가능하게 설정



[국가 개량 DB 유전능력 평가 결과 업로드 - 결과 파일 업로드]

- 개체의 이력번호 12자리를 기준으로, 아버, 어미, 12개월령 체중, 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 육종가 정보 업로드
- 각 형질에 대한 표준화 값과 평가 결과에 대한 백분율 값을 하나의 행으로 구성
- 분석 대상이 된 각 개체별 값을 행으로 구성하여 엑셀파일 형식으로 업로드 가능

개체번호	기관번호	사도	시군구	종목코드	계제서열번호	CWT		EMA		BFT		MSC		등록일
						GEBV	SE	GEBV	SE	GEBV	SE	GEBV	SE	
7633	2023	농협	충청	합계	10011123344	12.254354	12.254354	3.8955941	-0.24407036381	0.71759737	0.82522298430	0.25138372	-0.3684668322	2023-10-18 10:15:22
7632	2023	농협	충청	합계	102312277529	12.254354	-0.4239069331	3.8955941	-0.24407036381	0.71759737	0.82522298430	0.25138372	-0.3684668322	2023-10-18 10:15:41
7631	2023	종목	청주	하능디에	10216811972	4.0227205	21.0733487	-0.95560403	4.31706205	-0.3450326	2.1153744	-0.80608248	0.82040396	2023-08-18 15:34:35
7630	2023	종목	청주	하능디에	102131742646	39.86877299	19.28529243	-1.11022737	4.5084220	-0.8972103	1.93973226	0.04860887	9.78913447	2023-08-18 15:34:35
7629	2023	종목	청주	하능디에	10230935293	-21.28751646	33.90299117	-2.73496832	4.64580385	0.42251294	1.9980520	-0.87252053	0.76497399	2023-08-18 15:34:35
7628	2023	종목	청주	하능디에	10207390295	-50.0909240	21.34918478	-5.91883820	4.07299384	1.75120976	2.13951239	-0.63805044	6.62440245	2023-08-18 15:34:35
7627	2023	종목	청주	하능디에	102303185684	-18.35183955	20.04195599	1.99274697	6.67126876	1.87093930	2.00964233	0.04361225	0.77281201	2023-08-18 15:34:35
7626	2023	종목	청주	하능디에	102115313837	-28.87339221	20.35481391	-7.9574352	4.73922877	0.63800213	2.04324924	0.33032681	0.78348886	2023-08-18 15:34:35
7625	2023	종목	청주	하능디에	102129225629	30.66470787	19.52866824	-0.10001219	4.59932052	2.19660380	1.96139140	-0.15676911	0.75003485	2023-08-18 15:34:35

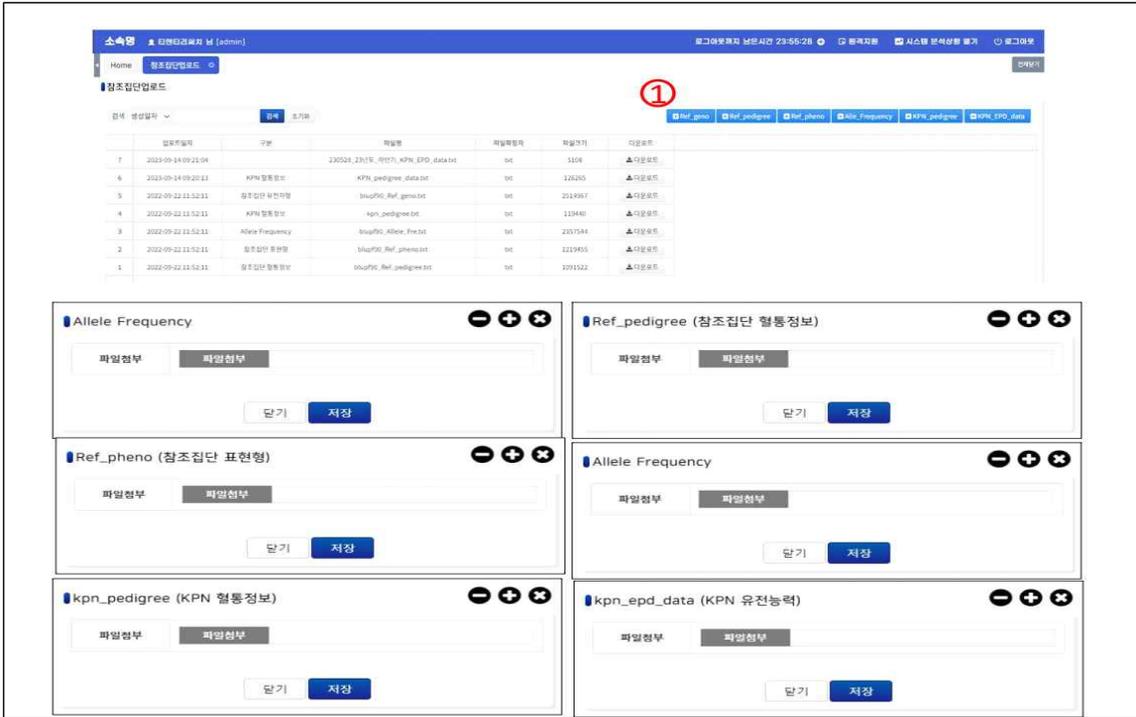
[국가 개량 DB 유전능력 평가 결과 업로드 - 업로드 결과 확인]



[국가 개량 DB 유전능력 평가 결과 업로드 - 계획교배 수행]

- 업로드 결과물을 이용하여 암소의 경우 씨수소와의 교배계획 정보 제공을 위하여 시뮬레이션 수행에 대한 별도의 단계를 설정
- 해당 설정을 수행하기에 앞서 분석 결과를 업로드할 개체의 혈통정보를 별도로 저장하여, 근친계수에 대한 선행 분석을 수행하여야 함

- 참조집단 업로드 현황 화면



[참조집단 업로드 현황 및 설정 화면]

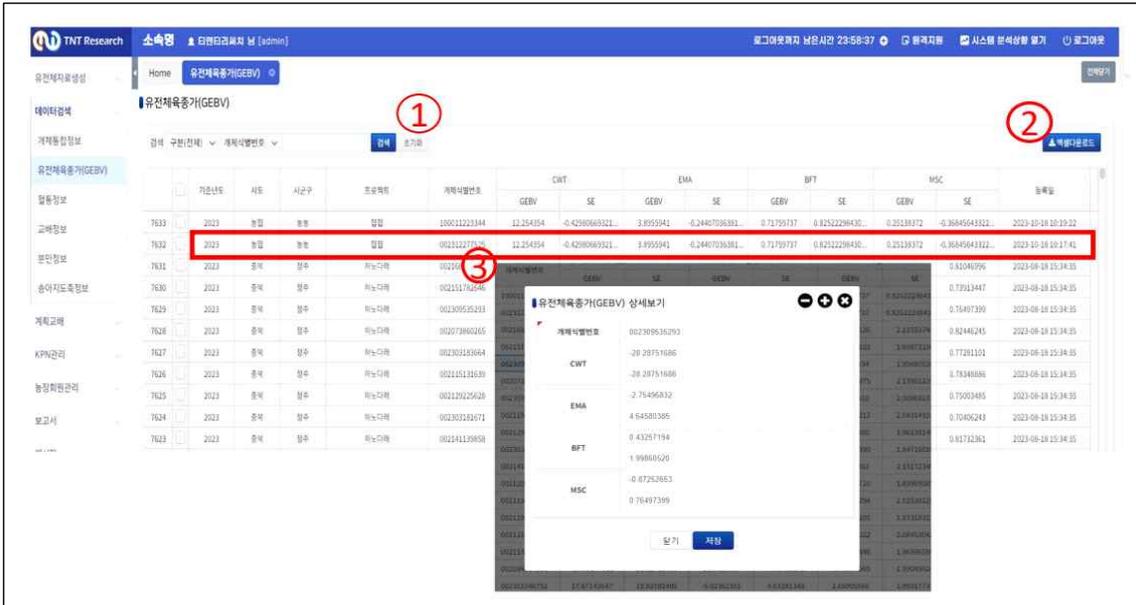
- 한우 유전체 유전능력 평가에 이용하는 한우 2만 두 규모의 참조집단에 대한 화면
- 한우 참조집단은 매년 약 5천 두에서 1만 두 규모로 증가할 예정
- 증가 규모에 따라 총남대 연구 결과에 따라, 참조집단 환류 시스템을 통해 매년 최신 정보로 갱신
- 갱신 과정에서 필요한 DB 관리 및 평가 시스템의 참조집단 정보 업로드 및 설정이 필요
- 차후 추가 예정인 암소 번식형질 평가 참조집단 및 신규 형질 참조집단 추가에 필요한 기능

- 데이터 검색



[개체통합정보]

- 개체의 이력·혈통·유전체 유전능력 평가 등의 정보를 종합적으로 확인 가능
- 개체이력번호 12자리를 통해 검색이 가능하며, 추가로 분만정보와 교배정보도 함께 제공
- 조회된 내역을 별도의 엑셀 파일을 이용하여 다운로드 가능



[유전체육종가 조회]

- 일반분석과 국가 개량 DB 결과를 통해 업로드한 모든 결과에 대하여 개체식별번호로 조회 가능
- 조회 기준을 설정하여 일반분석과 국가 개량 DB 업로드 자료에 대한 구분 가능
- 조회된 정보를 별도의 엑셀 파일로 다운로드가 가능
- 해당 기능은 관리자의 경우 전체 개체에 대한 조회 및 관리가 가능하나, 일반 사용자의 경우 해당 사용자가 작성한 내용만 확인이 가능

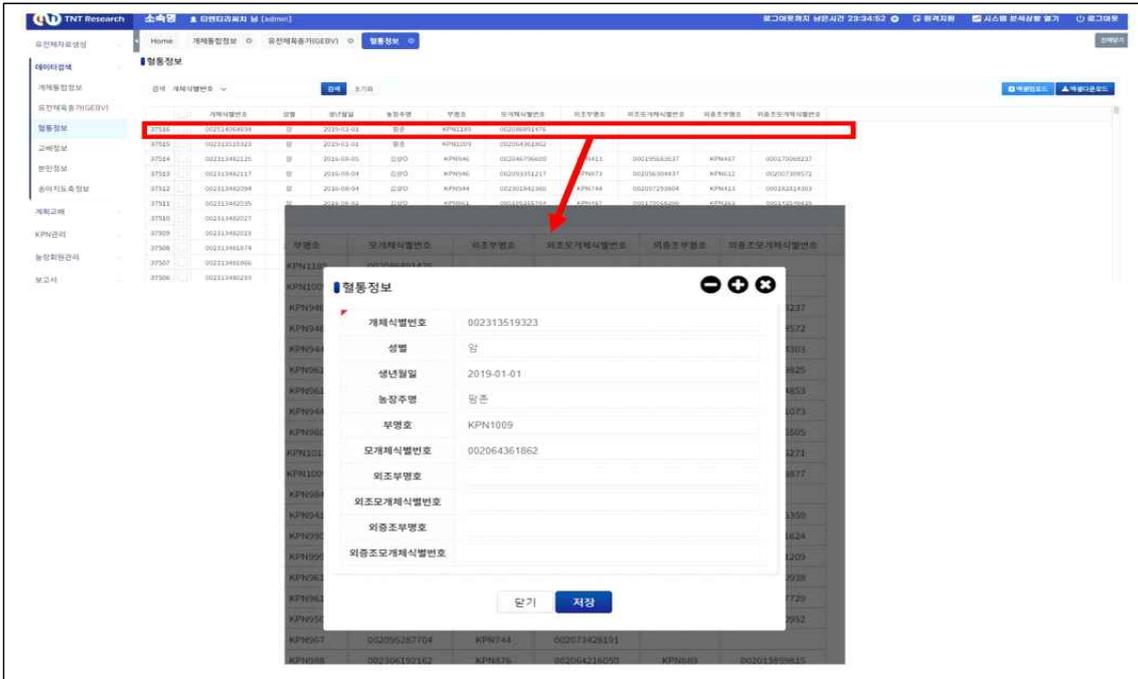


[혈통정보]

- 집단의 각 개체에 따른 혈통정보를 API 및 데이터 연계기법을 활용하여 데이터베이스를 구축함
- 개체식별번호, 성별, 생년월일, 농장주명, 부명호, 모개체식별번호, 외조부명호, 외조모개체식별번호, 외증조부명호, 외증조모개체식별번호 등 3계대의 혈통 체계의 데이터를 구축

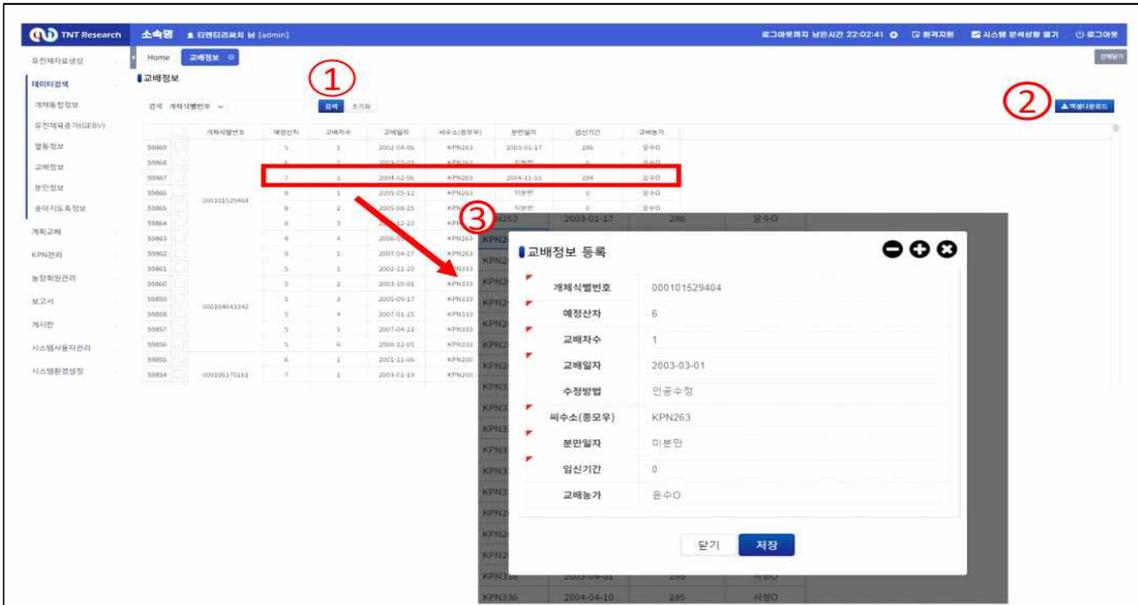


[혈통정보 업로드]



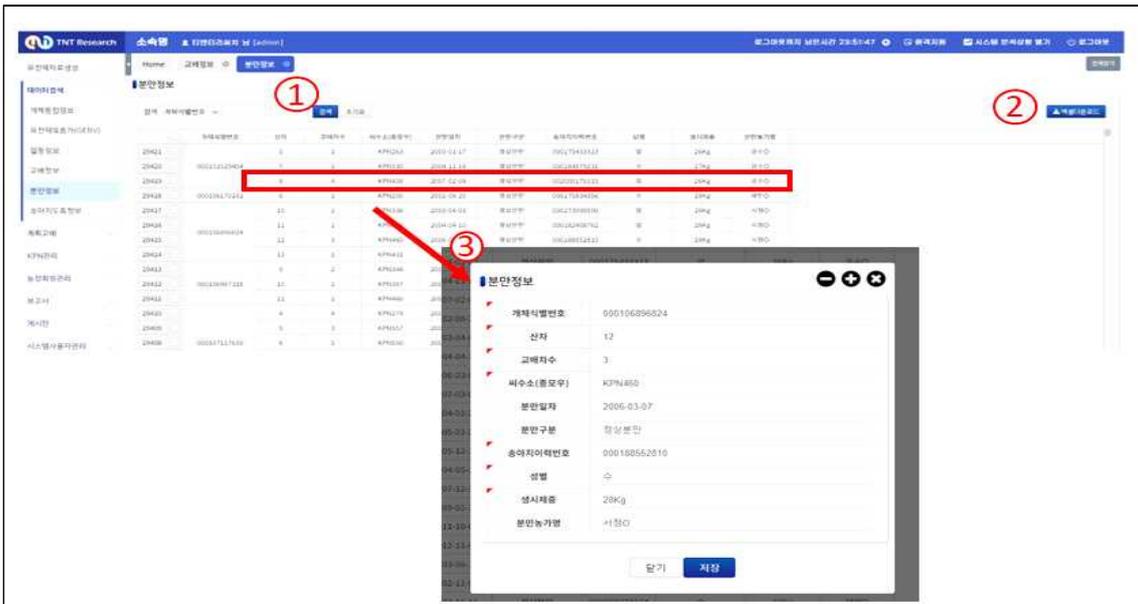
[혈통정보 수정 관리 기능]

- 별도의 혈통정보에 대한 업로드 가능
- 현재 API 및 데이터 연계기법을 활용하여 해당 정보를 수집하고 있으나, 국가 개량 DB를 이용한 분석 개체의 경우 별도의 혈통 정보에 대한 업로드가 필요한 개체가 다수 발견
- 특히 신생축이나 혈통 정보가 누락된 개체가 상당히 많이 발견되어 부득이하게 별도의 추가 정보 입력과 입력된 정보에 대한 임의 수정 기능을 개발



### [교배정보]

- 사업 대상 한우 집단의 개체 중에서 암컷 개체에 대해서 교배 정보를 API 및 데이터 연계 기법을 활용하여 데이터베이스를 구축함.
- 개체식별번호, 산차, 교배차수, 교배일자, 수정방법, KPN, 분만 예정일자, 임신기간, 농가 정보 등의 데이터 구축 및 정보 제공함



### [분만정보]

- 사업 대상 한우 집단의 개별 개체의 암컷 개체에 대해서 분만 정보를 API 및 데이터 연계 기법을 활용하여 데이터베이스를 구축함.
- 개체식별번호, 산차, 교배차수, 분만일자, 분만구분, 송아지 이력번호, 성별, 생시체중, 분만 농가정보 등의 데이터 구축 및 정보 제공함

KPN관리	기초년도	시도	시군구	프로젝트	계획식별번호	농가	생년월일	성별	우	모	우선KPN	CWT		EMA		BFT	
												GEV	RANK	GEV	RANK	GEV	
2396...	2023	충북	청주	이노디에	00212012419	이태준	2018-03-18	♂	KPN099	00210240205	KPN1477	54.6396741	A	9.677785695	A	-1.12710045	
농장확보관리	2396...	2023	충북	청주	이노디에	00212131325	이태준	2017-06-05	♂	0.0	0.0	KPN1477	50.42240101	A	13.009445515	A	-1.85935147
보고서	2396...	2023	충북	청주	이노디에	00212068869	이태준	2017-11-25	♂	KPN058	00208207356	KPN1477	54.07320178	A	10.57972002	A	-1.4958786
계시판	2396...	2023	충북	청주	이노디에	00214113958	이태준	2019-05-25	♂	0.0	0.0	KPN1477	50.86302407	A	7.6341131	A	-0.66021069
시스템사용자관리	2396...	2023	충북	청주	이노디에	0021392181671	이태준	2013-02-18	♂	KPN757	002559239946	KPN1477	62.87448125	A	12.80734665	A	-1.06771959
시스템환경설정	2396...	2023	충북	청주	이노디에	002120225628	이태준	2018-05-30	♂	KPN068	00210462383	KPN1477	74.003398935	A	9.819918905	A	-0.1683010
	2396...	2023	충북	청주	이노디에	002115113165	이태준	2017-05-14	♂	0.0	0.0	KPN1477	44.232201396	A	5.89137824	A	-1.248461665
	2396...	2023	충북	청주	이노디에	002901038964	이태준	2011-04-04	♂	KPN730	002016209596	KPN1477	49.29408725	A	10.926170485	A	-0.8054295000...
	2396...	2023	충북	청주	이노디에	002073860165	이태준	2012-01-13	♂	KPN405	002029445128	KPN1477	33.3743588	A	6.910088955	A	-1.805554875
	2396...	2023	충북	청주	이노디에	002117388750	이태준	2017-04-21	♂	0.0	0.0	KPN1477	52.222387945	A	10.475950175	A	-0.245589119
	2396...	2023	충북	청주	이노디에	002120267794	이태준	2018-05-04	♂	0.0	0.0	KPN1477	54.63267633	A	6.11756439	A	-1.572238055

### [계획교배결과]

- 평가 대상 한우 중 암소에 대하여, 농협중앙회 한우개량사업소에서 제공한 씨수소 일람표와 유전능력 정보를 바탕으로 한 계획 교배 결과
- 평가 대상 한우 암소의 유전능력 평가 결과와 한우 종모우(KPN)의 유전능력을 조합하여, 각 조합에 따른 태어날 송아지의 유전능력을 예측한 결과
- 해당 결과에 대해서 각 암소의 씨수소에 따른 송아지 능력을 선발지수를 통해 순위를 정하여, 우선 순위와 후 순위를 설정, 각 정보를 제공

KPN관리	KPN	CWT_EPD	EMA_EPD	BFT_EPD	MS_EPD	등록일
125	KPN1270	9.86445	3.36365	1.22805	0.2000	2023-10-26 09:15:23
124	KPN1294	-0.20175	3.81204	-0.45987	0.113225	2023-10-26 09:15:23
123	KPN1297	29.95285	5.76085	-0.18187	0.00895	2023-10-26 09:15:23
122	KPN1318	19.8938	2.436	-0.1722	0.2355	2023-10-26 09:15:23
121	KPN1321	46.813	6.48805	-0.75425	0.2355	2023-10-26 09:15:23
120	KPN1330	7.6291	-0.53229	0.2355	0.2355	2023-10-26 09:15:23
119	KPN1336	9.62735	5.2382	-0.3325	0.2355	2023-10-26 09:15:23
118	KPN1339	11.0703	-0.87945	-0.00965	0.2355	2023-10-26 09:15:23
117	KPN1342	16.07365	4.58725	-1.50245	0.2355	2023-10-26 09:15:23
116	KPN1347	19.87125	4.7872	-1.1028	0.2355	2023-10-26 09:15:23
115	KPN1349	27.0443	1.1136	-0.1762	0.2355	2023-10-26 09:15:23
114	KPN1350	26.9662	-0.51305	-1.30585	0.2355	2023-10-26 09:15:23
113	KPN1355	32.1599	-6.86525	-0.5863	0.2355	2023-10-26 09:15:23
112	KPN1356	23.6741	5.13825	-1.2619	0.2355	2023-10-26 09:15:23
111	KPN1360	26.6737	4.87369	-1.6852	0.2355	2023-10-26 09:15:23

**KPN유전능력**

KPN: 1297

계획식별번호: [Blank]

CWT\_EPD: 29.95285      EMA\_EPD: 5.76085

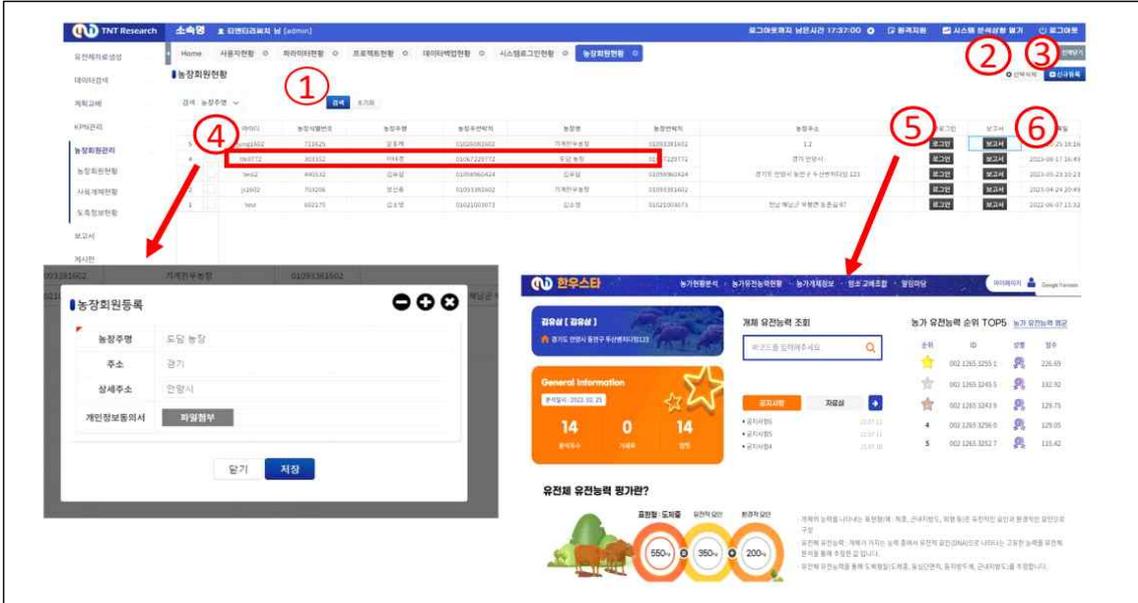
BFT\_EPD: -0.18187      MS\_EPD: 0.00895

[닫기] [저장]

### [KPN유전능력]

- 한우 종모우(KPN)에 대한 유전능력은 농협중앙회 한우개량사업소에서 매년 2회 제공되는 씨수소 일람표와 해당 씨수소의 유전능력 정보를 업로드하여 저장
- 저장된 데이터를 이용한 평가 대상 중 암소에 대한 교배조합을 자동 분석
- 종모우의 유전능력은 한우개량사업소에서 제공하는 정보를 관리자를 통해 매번 업데이트 할 예정

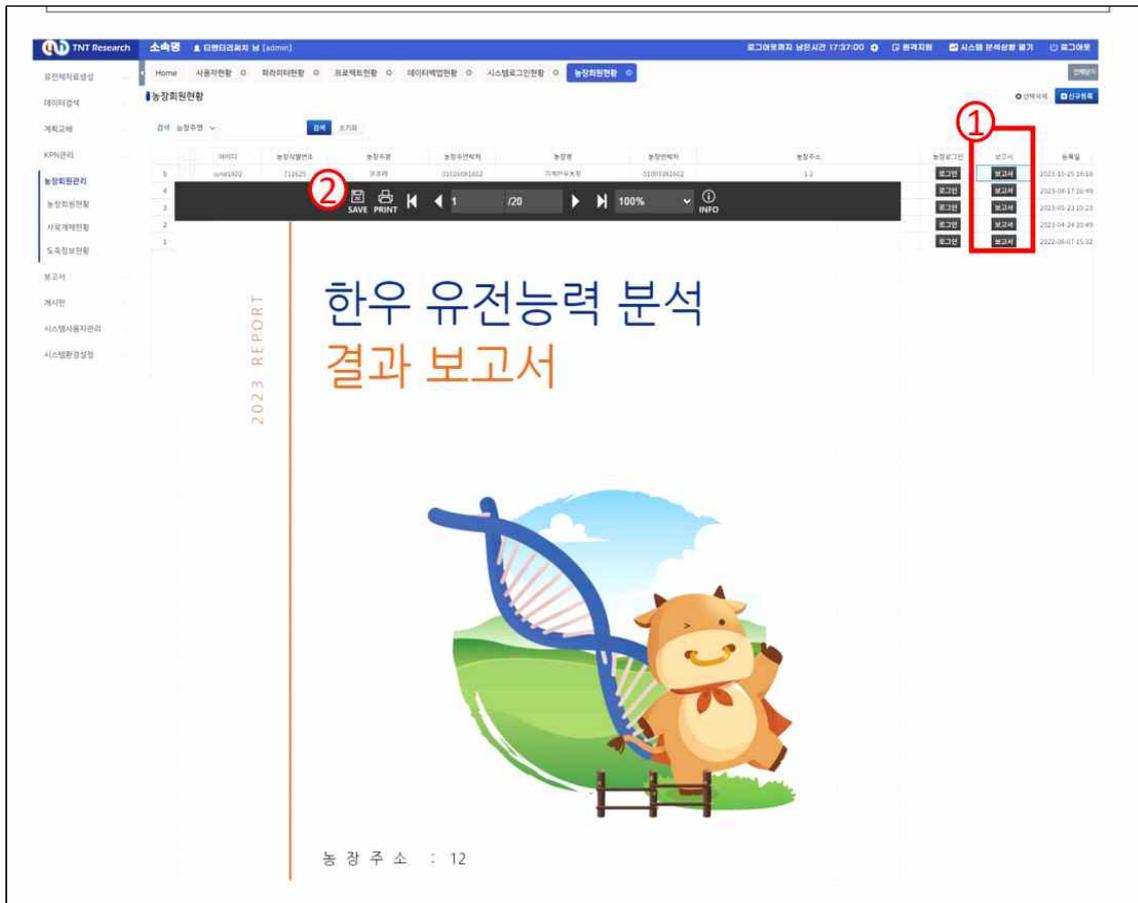
- 농장 회원 관리



[농장회원(사용자)관리]

- [한우스타] 웹 컨설팅 플랫폼에 가입한 농장 회원에 대한 관리 시스템
- 가입된 농장 회원에 대한 조회, 등록, 삭제, 로그인, 보고서 조회 등에 기능 제공

- 농장 회원 보고서 생성



[농장회원 보고서 생성]

- [한우스타] 웹 컨설팅 플랫폼에 가입한 농장 회원의 오프라인 컨설팅 리포트 자동 생성
- 기존 웹 컨설팅 콘텐츠를 그대로 오프라인 형태로 변형하여 적용
- 자동으로 개체별 내용이 생성되며, 생성된 내역은 PDF 형식으로 다운로드 및 인쇄 가능

- 회원관리

■ 사용자현황					
검색 아이디 <input type="text"/> <input type="button" value="검색"/> <input type="button" value="초기화"/>					
	<input type="checkbox"/>	사용자명	아이디	등록일	등록IP
1	<input type="checkbox"/>	사용자10	tntUser10	2021-11-11 11:31:15	127.0.0.1
2	<input type="checkbox"/>	사용자9	tntUser9	2021-11-10 09:47:15	127.0.0.1
3	<input type="checkbox"/>	사용자8	tntUser8	2021-11-08 15:42:15	127.0.0.1
4	<input type="checkbox"/>	사용자7	tntUser7	2021-11-08 15:07:15	127.0.0.1
5	<input type="checkbox"/>	사용자6	tntUser6	2021-11-08 14:51:15	127.0.0.1
6	<input type="checkbox"/>	사용자5	tntUser5	2021-11-08 14:47:15	127.0.0.1
7	<input type="checkbox"/>	사용자4	tntUser4	2021-11-08 14:35:15	127.0.0.1
8	<input type="checkbox"/>	사용자3	tntUser3	2021-11-08 14:26:15	127.0.0.1
9	<input type="checkbox"/>	사용자2	tntUser2	2021-11-08 14:11:15	127.0.0.1
10	<input type="checkbox"/>	사용자1	tntUser1	2021-11-08 14:07:15	127.0.0.1

[회원(사용자)관리]

- 개발 기술을 바탕으로 한 사업 서비스에 참여하는 농가 및 단체를 대상으로 이용 고객을 등록, 수정, 삭제 등을 통하여 정보 관리 체계 구축
- 이용 고객 등록시 IP 정보를 저장하여 관리자 등록 여부를 확인할 수 있으며, 향후 사용자가 직접 가입 및 관리할 수 있는 기반을 제공할 예정임

■ 개인정보동의					
검색 농장주명 <input type="text"/> <input type="button" value="검색"/> <input type="button" value="초기화"/>					
	<input type="checkbox"/>	농장주명	주소	개인정보동의서	등록일
1	<input type="checkbox"/>	통성목장	경기도 안성시	<input type="button" value="다운로드"/>	2021-11-08 18:43:41
2	<input type="checkbox"/>	통복목장	경기도 이천시	<input type="button" value="다운로드"/>	2021-11-08 18:43:40
3	<input type="checkbox"/>	대원목장	경기도 양주시	<input type="button" value="다운로드"/>	2021-11-08 18:43:39
4	<input type="checkbox"/>	태진목장	경기도 안성시	<input type="button" value="다운로드"/>	2021-11-08 18:43:38
5	<input type="checkbox"/>	학운목장	경기도 김포시	<input type="button" value="다운로드"/>	2021-11-08 18:43:37
6	<input type="checkbox"/>	북영태목장	경기도 용인시	<input type="button" value="다운로드"/>	2021-11-08 18:43:36
7	<input type="checkbox"/>	태지목장	경기도 양주시	<input type="button" value="다운로드"/>	2021-11-08 18:43:35
8	<input type="checkbox"/>	경연목장	경기도 고양시	<input type="button" value="다운로드"/>	2021-11-08 18:43:34
9	<input type="checkbox"/>	선진목장	경기도 화성시	<input type="button" value="다운로드"/>	2021-11-08 18:43:33
10	<input type="checkbox"/>	새원일목장	경기도 화성시	<input type="button" value="다운로드"/>	2021-11-08 18:43:32
11	<input type="checkbox"/>	시운목장	경기도 화성시	<input type="button" value="다운로드"/>	2021-11-08 18:42:27
12	<input type="checkbox"/>	일마누얼목장	경기도 여주시	<input type="button" value="다운로드"/>	2021-11-08 18:41:22

[농장관리 - 개인정보동의]

- 개체정보 수집 및 활용에 대하여 해당 개체의 농장주의 개인정보 동의서를 관리할 수 있는 기능을 제공함

- 파일관리

결과파일현황				
검색		생성일자	결과파일명	다운로드
1	<input type="checkbox"/>	2021-11-13	211113Hanwoo_Ref_GEBV_results.txt	<a href="#">다운로드</a>
2	<input type="checkbox"/>	2021-11-13	211113Hanwoo_Test_GEBV_results.txt	<a href="#">다운로드</a>
3	<input type="checkbox"/>	2021-11-11	211111Hanwoo_Ref_GEBV_results.txt	<a href="#">다운로드</a>
4	<input type="checkbox"/>	2021-11-11	211111Hanwoo_Test_GEBV_results.txt	<a href="#">다운로드</a>
5	<input type="checkbox"/>	2021-11-09	211109Hanwoo_Ref_GEBV_results.txt	<a href="#">다운로드</a>
6	<input type="checkbox"/>	2021-11-09	211109Hanwoo_Test_GEBV_results.txt	<a href="#">다운로드</a>
7	<input type="checkbox"/>	2021-11-07	211107Hanwoo_Ref_GEBV_results.txt	<a href="#">다운로드</a>
8	<input type="checkbox"/>	2021-11-07	211107Hanwoo_Test_GEBV_results.txt	<a href="#">다운로드</a>
9	<input type="checkbox"/>	2021-11-05	211105Hanwoo_Ref_GEBV_results.txt	<a href="#">다운로드</a>
10	<input type="checkbox"/>	2021-11-05	211105Hanwoo_Test_GEBV_results.txt	<a href="#">다운로드</a>

[결과파일 현황관리]

- DB의 정보를 바탕으로 유전체 유전능력 평가를 수행한 결과를 도체형질에 따른 개별 파일로 관리 및 확인 가능
- 텍스트 파일 형태를 기본으로 하여, 현재 수행된 사업 및 분석 내역을 확인할 수 있으며, 각 결과를 바탕으로 임의의 작업이 가능

- 환경설정

데이터백업관리					
검색		백업일자	백업파일명	다운로드	등록일
1	<input type="checkbox"/>	2021-11-12	20211112_biotnt.sql	<a href="#">다운로드</a>	2021-11-12 05:00:00
2	<input type="checkbox"/>	2021-11-08	20211108_biotnt.sql	<a href="#">다운로드</a>	2021-11-08 05:00:00
3	<input type="checkbox"/>	2021-11-06	20211106_biotnt.sql	<a href="#">다운로드</a>	2021-11-06 05:00:00
4	<input type="checkbox"/>	2021-11-04	20211104_biotnt.sql	<a href="#">다운로드</a>	2021-11-04 05:00:00
5	<input type="checkbox"/>	2021-11-01	20211101_biotnt.sql	<a href="#">다운로드</a>	2021-11-01 05:00:00
6	<input type="checkbox"/>	2021-10-31	20211031_biotnt.sql	<a href="#">다운로드</a>	2021-10-31 05:00:00
7	<input type="checkbox"/>	2021-10-11	20211011_biotnt.sql	<a href="#">다운로드</a>	2021-10-11 05:00:00
8	<input type="checkbox"/>	2021-10-10	20211010_biotnt.sql	<a href="#">다운로드</a>	2021-10-10 05:00:00
9	<input type="checkbox"/>	2021-10-09	20211009_biotnt.sql	<a href="#">다운로드</a>	2021-10-09 05:00:00

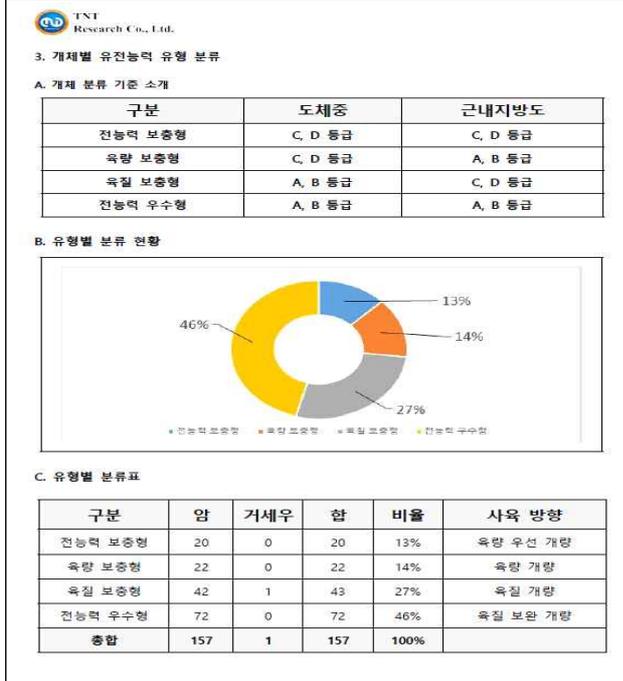
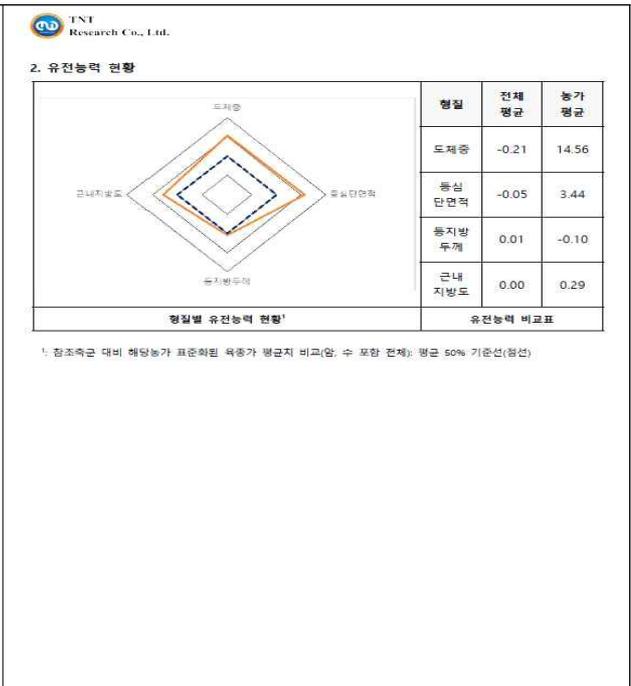
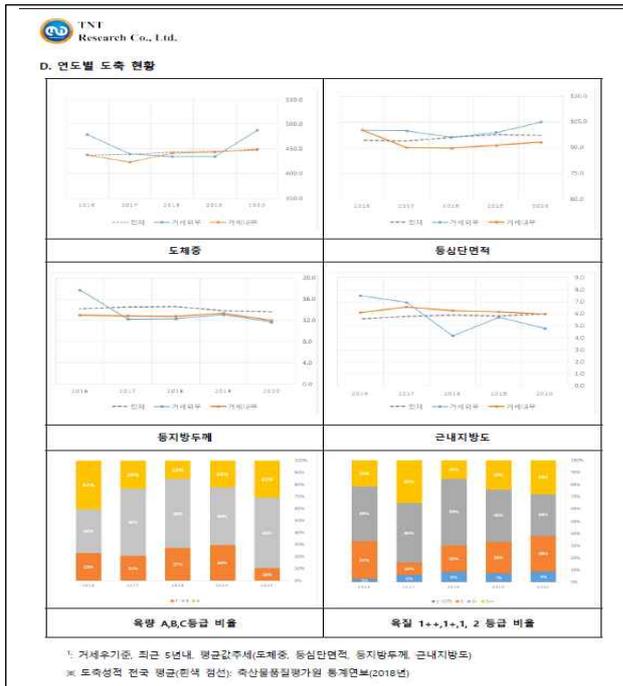
[백업관리]

- 시스템에서 제공되는 파일 리소스 및 데이터베이스 등 주요 파일에 대한 백업정책을 제시함
- 백업은 주기적으로 자동실행되며, 백업 결과현황을 메뉴를 통하여 실시간으로 확인 가능함
- 해당 백업 파일을 다운로드를 통하여 저장이 가능함

○ 개발 기술을 바탕으로 한 농가 생산성 향상을 위한 웹 기반의 컨설팅 플랫폼 개발

- 한우 농가 현황 및 사육 전략에 따른 맞춤형 컨설팅 및 솔루션 서비스 개발

- 유전체 유전능력 평가를 통하여 한우 개체에 따른 고유의 능력을 평가하고, 평가 결과를 바탕으로 사육 방향 및 개량 전략 등을 농가 현황에 맞춰 정보를 제공하는 서비스 개발
- 농가의 개인정보 제공동의를 통하여 농가의 현황을 각 기관의 DB를 통하여 파악하고, 이를 바탕으로 현재 사육 중인 한우 개체의 유전능력 평가 결과와 비교 분석
- 한우 농가에서 사육 과정에서 필요로 하는 정보의 종류와 형태에 따라서, 다양한 기능 및 정보를 생성 및 제공할 수 있는 파이프라인 구축
- 생성된 컨설팅 및 솔루션 콘텐츠에 대하여, 농가에 시범 서비스를 통하여 현장 평가를 진행하고, 진행 결과에 따른 수정 보완 수행



**개인정보 목적 외 이용 및 제3자 제공 동의서**

㈜티엔티리서치에서는 농가 출하성적 및 농가 현황 분석을 위해, 축산물품질평가원의 등급판정정보를 아래와 같이 제공 받고자 하오니, 내용을 자세히 읽으신 후 개인정보의 목적 외 이용 및 제3자 제공의 동의 여부를 결정하여 주십시오.

개인정보의 제3자 제공 내역

개인정보를 제공하는 자	축산물품질평가원
개인정보를 제공받는 자	㈜티엔티리서치
개인정보를 제공 받는 자의 개인정보 이용목적	농가 출하성적 및 농가 현황 분석
제공되는 개인정보 항목	이름, 생년월일, 주소, 농장식별번호, 이력정보, 등급판정결과 (별도 엑셀파일제공-암호화조치)
자료 조회 기간	2016.01.01. ~ 2021.05.31
개인정보를 제공받는 자의 개인정보 보유 및 이용기간	1년

※ 위의 개인정보 제공에 대한 동의를 거부할 권리가 있습니다. 그러나 동의를 거부할 경우 농가 출하성적 및 농가 현황 분석에 제한을 받을 수 있습니다.  
 ※ 해당자료는 목적 이외에 사용하거나, 제3자에게 이용하게 할 수 없습니다.

「개인정보보호법 제15조(개인정보의 수집·이용), 제17조(개인정보의 제공), 제18조(개인정보의 이용·제공 제한), 제22조(동의를 받는 방법)」에 의거 개인정보처리에 관하여 고지를 받았으며 본인은 위와 같이 개인정보 수집 및 이용 제공에 동의합니다.

목적 외 이용 및 제3자 제공에 동의함  동의하지 않음

농장 주소 : \_\_\_\_\_  
 연락처(본인 확인용) : \_\_\_\_\_  
 농장 명칭 : \_\_\_\_\_ 농장 식별번호: \_\_\_\_\_

2021년 월 일  
 성명 : \_\_\_\_\_ (서명 또는 인)  
 (주)티엔티리서치 귀하

[농가 컨설팅 정보 제공 양식 및 개인정보 제공동의서 양식]

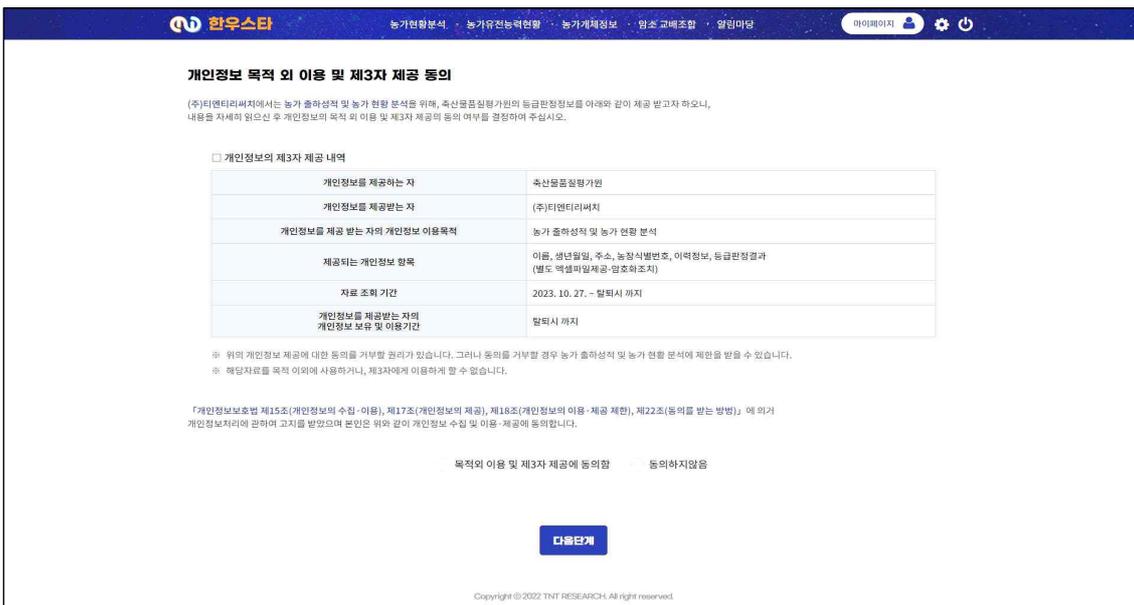
- 한우 농가 컨설팅 웹 플랫폼 로그인 화면



[한우 컨설팅 플랫폼 로그인 화면]

- 한우 유전체 정보를 이용한 유전체 유전능력 평가 결과를 바탕으로 생성되는 컨설팅 정보의 플랫폼 로그인 화면
- 기존 로그인 화면에서 UI 및 디자인 변경 적용하여, 사용자 친화적으로 변경 수행
- 사용 환경에 맞춰 최적의 디자인 및 UI 구성을 수행, 각 사용 환경에 따른 테스트 수행
- 한우 유전체 정보 분석 및 평가를 의뢰한 지자체 혹은 단체에 대한 사업 및 프로젝트에 따른 농가별 로그인 시스템으로 구성
- [한우스타]로 컨설팅 플랫폼 명을 확정하고, 접속 URL 및 도메인을 www.hanwoostar.com으로 설정

- 한우 농가 컨설팅 웹 플랫폼 회원가입



[한우 컨설팅 플랫폼 개인정보 제공 동의]

- [한우스타] 가입을 위하여 1차적 단계인 개인정보 제공동의 화면
- 개인정보를 제공하는 축산물품질평가원과 제공되는 정보를 받는 기관으로 (주)티엔티리써치 (주관기관)을 명시

- 개인정보 제공 사유와 제공되는 개인정보의 종류를 명시하고, 각 정보에 대한 조회 기간 및 인증 기간을 명시하여 사용자에게 제공
- 해당 정보는 [한우스타]에 가입하여 탈퇴하기 전까지 유지되며, 탈퇴 전까지 각 정보는 지속적으로 갱신됨을 사전에 고지
- [한우스타] 탈퇴를 통해 해당 정보에 대한 동의 철회를 진행하며, 각 정보는 자동 폐기됨을 명시하여 사용자에게 자세한 정보를 제공

### [한우 컨설팅 플랫폼 회원가입 및 정보 입력]

- 전체적인 화면 구성, UI 및 전체 디자인을 변경하여 적용
- 한우 컨설팅 플랫폼 정보를 이용하기 위하여 개인정보 제공동의를 통한 회원가입 진행
- 회원 가입을 통하여 축산물품질평가원과 축산물이력제 DB의 정보를 자동으로 연동하여 컨설팅 플랫폼 DB로 전송
- 개인정보 제공동의에서 사용자들의 주요 불편함이었던 농장 식별번호의 조회를 수월하게 하기 위하여 별도의 기능을 추가
- 농장식별번호를 모르는 경우 농장식별번호 찾기 버튼 클릭 시 해당 농장에서 사육하고 있는 개체식별번호를 입력하면 축산물품질평가원에서 제공하는 API를 통해 해당 농장 식별번호 찾기 가능
- 농가에서 사육중인 개체의 이력번호 12자리를 입력하면 자동으로 농장 식별번호가 조회되게 구성
- 전송된 데이터를 기반으로 유전능력 평가 개체의 결과와 조합하여 농가의 현황과 유전평가 결과 등을 제공하는 컨설팅 정보 생성
- 기관 DB에서 농가의 정보를 정확하게 가져오기 위하여, 회원가입에 따라, 필요한 정보를 입력하고, 입력된 휴대폰 번호를 통해 인증번호 발송으로 개인정보 제공 동의를 확인
- 개인정보 제공 동의 및 회원가입 입력 정보 완료 후 회원으로 적용되어, 컨설팅 플랫폼 상에서 제공되는 다양한 정보를 이용 가능

- 한우 농가 컨설팅 웹 플랫폼 메인화면



[한우 컨설팅 플랫폼 메인 화면]

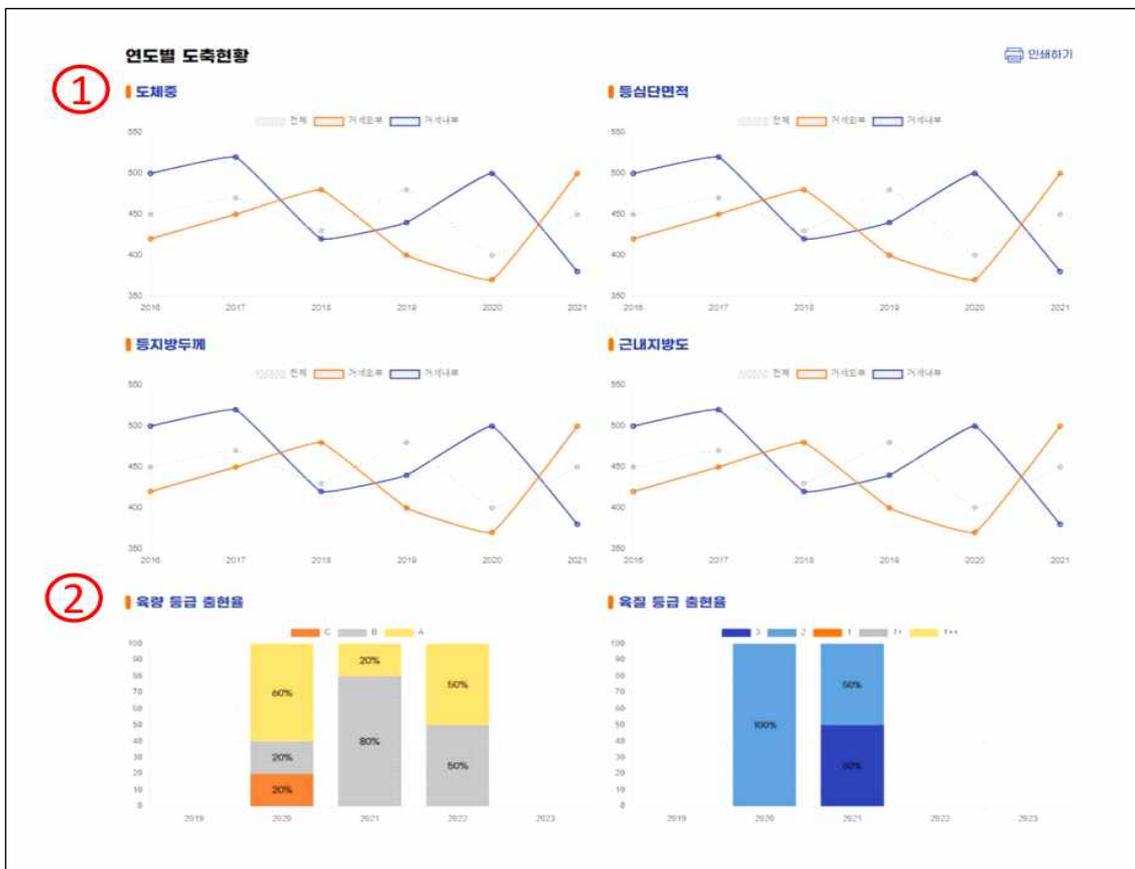
- 로그인 후 한우 컨설팅 웹 플랫폼 메인화면
- 마이페이지를 통해서 회원의 개인정보 및 농장 정보 등을 관리할 수 있음
- 상단의 탭을 통해서 농가의 컨설팅 정보를 자세하게 볼 수 있는 별도의 페이지로 이동
- 메인화면에서는 농가의 유전체 분석 개체수에 따른 정보를 제공
- 유전능력 평가 결과 상위에 해당하는 개체 5마리에 대한 개체정보를 제공
- 유전체 유전능력 평가에 대한 이해를 돕기 위한 별도의 설명 자료 삽입
- 농가의 월령별 개체 분포와 한우 도체형질에 대한 유전능력 평가의 농가 평균 현황 정보를 제공
- 메인화면의 정보를 통해서 농가에 대한 전체적인 정보를 한눈에 확인 가능

- 농가 현황 분석



[농가 월령별 개체 분포]

- 농가 현황 분석을 통해서 농가에서 현재 사육하고 있는 개체에 대하여, 월령별 개체 분포, 연도별 도축 현황, 형질별 추세 현황표, 씨수소(종모우) 정액 사용 분포 등의 정보 제공
- 축산물이력제와 축산물품질평가원의 DB에서 제공되는 정보를 바탕으로 시스템에 등록된 농가의 현황에 대하여 정리한 분석 결과
- 농가에서 사육하고 있는 한우 개체의 월령별 분포를 통해서 사육 중인 거세우의 월령별 출하 가능 개체들과 암소의 나이를 점검
- 암소의 월령별 분포를 통해 고령화 암소의 도태 및 신규 암소의 축군 편성 등을 고려
- 거세우의 월령별 개체 수에 따라, 출하 시기별 출하 개체수를 예측하고, 이를 바탕으로 한 예상 수익을 계산할 수 있음



[연도별 도축 추세]

- 농가에서 출하된 거세우의 출하성적을 축산물품질평가원으로부터 제공받은 데이터를 통해 최근 5년 이내의 성적을 추세 그래프로 제공
- 한우의 주요 도체형질인 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도 4개 형질에 대한 정보를 제공
- 한우 등급 심사 결과인 육량 등급과 육질 등급에 대한 출현율을 별도로 표시
- 내부 출하 개체와 외부 출하 개체로 구분하여, 농장에서 출하된 개체의 도축성적을 통해 현재 농장 상황을 유추
- 최근 5년간 출하성적에 대하여 별도의 데이터 테이블을 통하여 정확한 출하 두수 및 출하 성적 평균 정보 제공
- 농장의 개선사항으로 유전적 개량 혹은 사육 방식의 변화 등에 대한 기반 정보를 제공할 수 있음

**1** 형질별 추세 현황표 인쇄하기

성별	연도	출하두수	도체중(kg)	동심단면적(m <sup>2</sup> )	등지방두께	근내지방도(점)	육질(%)		육량(%)		
							1+ 이상	A	B	C	
거세 (외부)	2020	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
	2019	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
	2018	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
	2017	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
	2016	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
거세 (외부)	2020	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
	2019	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
	2018	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
	2017	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
	2016	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
거세 (외부)	2020	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
	2019	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
	2018	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
	2017	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	
	2016	9	488.0	104.9	11.7	4.8	33.3%	44.4%	33.3%	22.2%	

[연도별 도축 성적 데이터]

원형별 개체 분포   연도별 도축 현황   형질별 추세 현황표   **씨수소(종모우) 정액 사용 분포**   인쇄하기

**씨수소(종모우) 정액 사용 분포**

※ 최근 7년을 대상으로 각 연도별로 태어난 개체의 아비 정보입니다.  
 ※ 개체식별번호를 바탕으로 검색된 씨수소 정보를 바탕으로 작성되었습니다.

**분포도**

2022년  
 2021년  
 2020년  
 2019년  
 2018년  
 2017년  
 2016년

**분포표**

KPN	두수	출하두수	도체중(kg)	동심단면적(m <sup>2</sup> )	등지방두께(mm)	근내지방도(점)
KPN1161	6	1%				
KPN1203	5	1%				
KPN1444	4	1%	24.8kg	8.35m <sup>2</sup>	-1.13mm	0.77점
KPN1314	2	1%	38.37kg	10.11m <sup>2</sup>	0.15mm	1.37점
KPN1447	1	1%	41.9kg	7.08m <sup>2</sup>	1.1mm	1.44점

TOP

[씨수소(종모우) 정액 사용 분포]

- 농가의 사육중인 개체의 아비 정보를 바탕으로 농가에서 사용한 씨수소(종모우) 정액의 사용 분포 정보를 제공
- 각 연도별로 사용한 씨수소의 분포를 통해서 특정 정액으로의 쏠림 현상 혹은 우량 송아지 및 고급육 생산에 사용한 씨수소의 분포 등을 확인 가능
- 이를 통한 체계적이고 데이터에 기반한 계획 교배를 통한 안정적인 수익 구조 형성 방안에 대한 전략 수립이 가능

- 농가 유전능력 현황



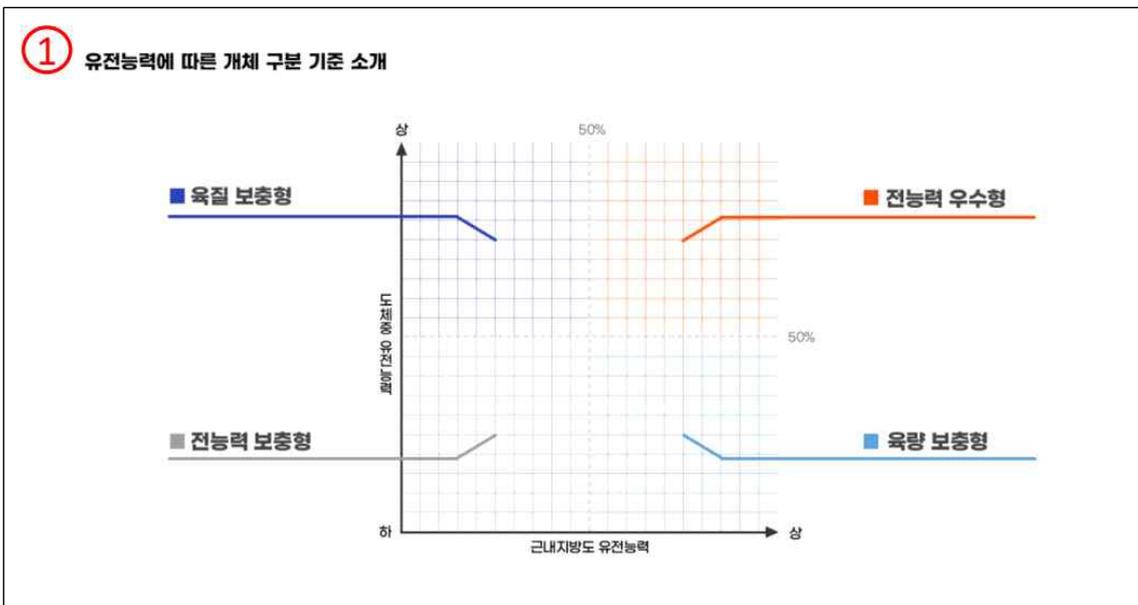
[농가 유전능력 평균]

- 한우 유전체 칩을 통해 유전체 정보를 생산한 개체를 대상으로 유전체 유전능력 평가를 수행
- 농장에서 평가한 개체별 유전능력 평가 결과를 바탕으로 농가 유전능력 평균, 유전능력 평가 결과에 따른 그룹화, 전국 한우 집단 대비 농가 순위 등의 정보 제공
- 농가 유전능력 평균은 유전능력 평가 개체의 결과를 이용하여, 농가 유전능력의 현재 수준 평가
- 한우 주요 도체형질인 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도에 대한 정보를 기반으로 함



[개체 구분에 따른 농가 비율 및 개체 수]

- 유전능력 평가 결과를 기반으로, 농장의 한우를 총 4가지 그룹으로 구분하여 정보를 제공
- 구분 기준으로는 도체중과 근내지방도에 대한 유전능력 평가 기준이 상위 그룹과 하위 그룹으로 각각 나누어 총 4개의 그룹(전능력 보충형, 육량 보충형, 육질 보충형, 전능력 우수형) 구분
- 각 그룹에 따른 적합한 사육 방법 혹은 개량 방향 등을 컨설팅 정보로 제공
- 농가의 그룹별 개체수와 평가 대상 중 비율을 제공하여, 농가의 유전적인 현황과 차후 개량의 방향성에 대한 컨설팅 정보를 제공
- 기존의 개량 전략이 적합하게 이루어졌는지, 현재 개량 방법이 올바른지, 혹은 유전능력에 맞춘 사육 방법을 사용하고 있는지 여부를 점검할 수 있음



[유전능력 평가 결과에 따른 개체 구분 기준에 대한 설명 자료]

- 한우 도체형질에 대하여, 도축성적 주요 형질인 도체중과 근내지방도의 유전체 육종가를 이용한 개체 구분 기준에 대한 설명 자료 추가

- 개체 구분의 기준에 대하여 농가 이해가 어려운 문제점을 개선하기 위하여 추가된 자료
- 도체중과 근내지방도 육종가에 대하여 평가 결과 상위 50%, 하위 50%로 나눈 각 그룹에 따라 분류됨을 설명하고, 해당 기준치 설정에 대한 문구도 추가 삽입



### [개체 구분에 따른 농가 비율 및 개체 수]

- 농가의 유전능력 평가 평균을 바탕으로 전국 대비 농가의 유전능력 순위를 표현
- 전국 기준을 참조집단 2만 두의 유전능력으로 설정하고, 농가의 유전능력 평가 결과가 나타나는 순위를 바탕으로 전국 대비 농가 순위 정보를 제공
- 도체형질 4개에 대한 순위를 바탕으로, 농가의 유전적인 수준을 전국 대비 평가하여, 부족한 부분에 대한 개량 방향 및 전략을 수립할 수 있음

#### - 농가 개체 정보

**농가 선발지수 가중치 설정** 인쇄하기

① **선발지수 가중치** 최근 설정된 선발지수 가중치 1 1 1 1 4 2 1 1 1 1 3 1 1 -1 1

② <b>도체중 (kg)</b>	동심단면적 (cm <sup>2</sup> )	동지방두께 (mm)	③ 근내지방도 (점)
1	1	1	1

설  
정

선발지수란?  
 ※ 개량 목표 설정에 있어서 다양한 형질을 종합적으로 고려할 때, 각 형질에 따른 경제적인 가치를 계산하여 중요도 및 우선순위에 따라 가중치를 설정, 종합적인 평가 결과를 산출하는 방법  
 ※ 하나의 개체가 가지고 있는 다양한 형질의 유전능력 평가 결과를 하나의 종합 평가 결과로 나타내어, 종합 능력이 우수한 개체를 선발할 수 있게 하는 값

④ **개량 및 사육 목표에 따른 선발지수 가중치 예시**

개량 사육 목표	도체중	동심단면적	동지방두께	근내지방도
육량 증대	3	3	1	1
육질 고급화	1	1	1	6
종합 개량	1.5	1	1	1.5

### [농가 개체 선발지수 설정]

**농가 개체별 유전능력 및 선발지수 순위 정보** 인쇄하기

① **개체이력번호** 12자리 숫자를 입력해주세요 조회

③ ④

개체이력번호	생년월일	성별	아버지	어미	도체중(kg)	등심단면적(m <sup>2</sup> )	등지방두께(mm)	근내지방도(점)	선발지수점수	선발지수순위	분류
② 002 1265 3255 1	2018-09-30	♀	KPN1012	002104559620	A (59.7kg)	A (16.53㎡)	A (-2.03mm)	A (2.91점)	8.68	★	전능력 우수
002 1265 3252 7	2018-09-05	♀	KPN1012	002104559700	A (38.13kg)	A (10.72㎡)	B (-0.57mm)	A (1.48점)	4.87	☆	전능력 우수
002 1265 3251 9	2018-09-01	♀	KPN944	002310812794	B (14.21kg)	A (10.01㎡)	A (-5.09mm)	B (0.07점)	4.4	★	전능력 우수
002 1265 3199 7	2018-06-21	♀	KPN1069	002310812671	A (24.89kg)	A (7.87㎡)	A (-2.34mm)	A (1.18점)	4.37	4	전능력 우수
002 1265 3281 0	2018-10-26	♀	KPN1012	002104558485	A (20.78kg)	A (7.48㎡)	A (-3.45mm)	B (0.41점)	3.87	5	전능력 우수
002 1265 3243 9	2018-07-09	♀	KPN1012	002102574670	D (-19.69kg)	A (8.89㎡)	B (-1.32mm)	A (1.7점)	2.99	6	육량 보통
002 1265 3253 5	2018-09-12	♀	KPN944	002306571640	A (44kg)	A (6.58㎡)	C (0.51mm)	B (0.52점)	2.98	7	전능력 우수
002 1265 3245 5	2018-07-27	♀	KPN990	002104559235	C (-10.58kg)	A (4.72㎡)	B (-0.81mm)	A (1.75점)	2.47	8	육량 보통
002 1265 3260 9	2018-10-15	♀	KPN944	002077596797	C (-2.22kg)	B (1.74㎡)	B (-0.46mm)	A (1.08점)	1.47	9	육량 보통

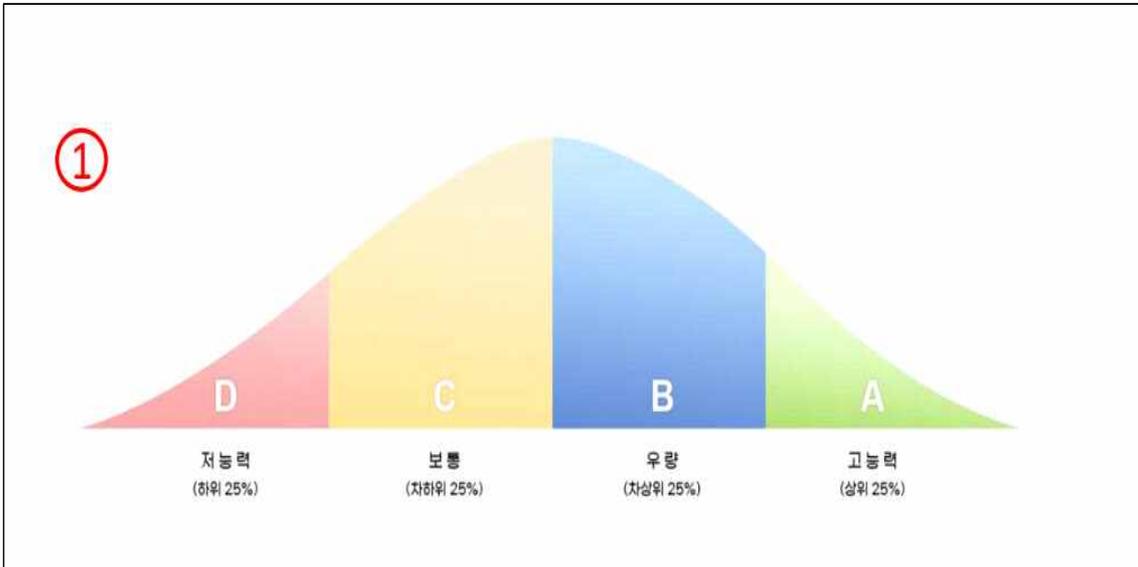
### [농가 개체 리스트]

- 농가의 유전체 평가 대상 개체의 유전능력 평가 결과를 개체별로 나타내는 화면
- 선발지수 가중치를 통해서 유전능력 평가 결과에 따른 순위 정보도 제공
- 농가의 개량 방향 혹은 사육 전략에 따라 선발지수 가중치를 농가의 현황에 맞게 설정하여, 유전능력 평가 결과를 바탕으로 한 순위를 설정
- 개체 이력 번호를 클릭하면 개체 한 마리에 대한 유전능력 평가 결과를 나타내는 팝업 창이 뜨며, 개체 한 마리에 대한 자세한 정보를 열람 가능



[농가 개체별 유전능력 및 선발지수 순위 정보]

- 개체의 유전능력 평가 결과를 바탕으로 A, B, C, D 등급과 별을 1개부터 5개까지 차등으로 나타내어, 개체가 가지는 유전적인 자질을 쉽게 표현
- 유전체 유전능력 평가 결과에 따라 각 도체형질을 상위 기준부터 25%씩 구분하여 A,B,C,D로 구분하여 나타냄
- 별의 경우 전체를 기준으로 별 5개부터 백분율로 나타내어 표시
- 별 5개가 모두 표시된 경우 상위 0%로 최상위 그룹으로 나타내며, 그 이후의 1%씩 상위 그룹에 대한 백분율이 증가할 때 마다, 해당 비율에 맞춰 채워진 별이 차츰 줄어들게 설정
- 상위 20% 미만인 경우 별이 4개만 표시되며, 상위 40% 미만은 별 3개, 상위 60% 미만은 별 2개, 상위 80% 미만은 별 1개로 표시되며, 상위 100%인 경우에는 별이 하나도 채워지지 않은 것으로 설정
- A, B, C, D를 통해 해당 개체가 속한 전체적인 그룹을 표시하고, 별을 통하여 동일한 그룹 내에서도 개체별 변별력이 가능한 정보를 제공
- 이를 통하여 개체 하나하나에 대한 좀 더 세밀한 평가가 가능하며, 각 개체의 맞춤형 사육 전략 및 개량 방향, 사육 방향 등에 대한 다양한 컨설팅 정보를 제공 가능
- 전체적인 유전능력을 전국 대비로 비교하여 나타내어, 개체가 가지는 유전적인 능력의 정도가 전국 대비 어느 정도 수준인지를 알려줌



[개체별 유전능력 평가 설정 기준치 정보 제공]

- 개체의 유전능력에 따라 A, B, C, D로 구분하는 기준치에 대한 설명 제공
- 농가 유전체 유전능력 평가 결과와 컨설팅 콘텐츠에 대한 이해도를 높이기 위하여 추가 정보 제공
- 전체 100%를 각 25%로 구분하여 제공됨을 표현

- 암소 교배조합 정보

**농가 암소 목록**

개체이력번호	생년월일	성별	아버지	어미	도체중	동심단면적	동지방두께	근내지방도	선발지수점수	선발지수순위	분류
002 1286 5962 4	2018-07-25	♀	KPN1009	002311776804	A (88.76kg)	A (15.02m²)	B (-0.35mm)	A (1.59점)	7.45	★	전능력 우수
002 1414 9221 0	2019-08-12	♀	KPN1064	002111077026	A (40.38kg)	A (13.01m²)	A (-2.56mm)	A (2.41점)	7.12	★	전능력 우수

[암소 교배조합 화면]

- 농장의 유전능력 평가 대상 개체 중에서 암소에 해당하는 경우, 암소의 교배계획 정보를 제공
- 암소의 유전능력 평가 결과와 농협중앙회 한우개량사업소에서 제공하는 씨수소(종모우)의 유전능력 결과를 이용하여 분석



○ 온·오프라인 한우 컨설팅 비즈니스 모델 및 농가 시범 적용 수행

- 온라인 웹 컨설팅 플랫폼 [한우스타] 비즈니스 모델 수립

- 온라인 웹 컨설팅 플랫폼 [한우스타]를 이용한 농가 컨설팅 서비스에 대한 비즈니스 모델 개발
- 주요 비즈니스 모델로 해당 [한우스타]를 이용하기 위해 필요한 유전체 분석 서비스와 결합하여 웹 컨설팅 플랫폼이 이용 서비스 수행
- [한우스타] 홍보를 위한 별도의 팸플렛, 홍보 영상 등을 제작하여 SNS 및 오프라인 홍보 진행
- 시범 적용 농가를 대상으로 [한우스타] 이용에 대한 설문 조사를 수행하였으며, 해당 수행 결과를 바탕으로 한 만족도 조사 수행
- 만족도 조사 수행 결과를 바탕으로 한 [한우스타] 수정 보완 사항 및 비즈니스 모델 보완 진행



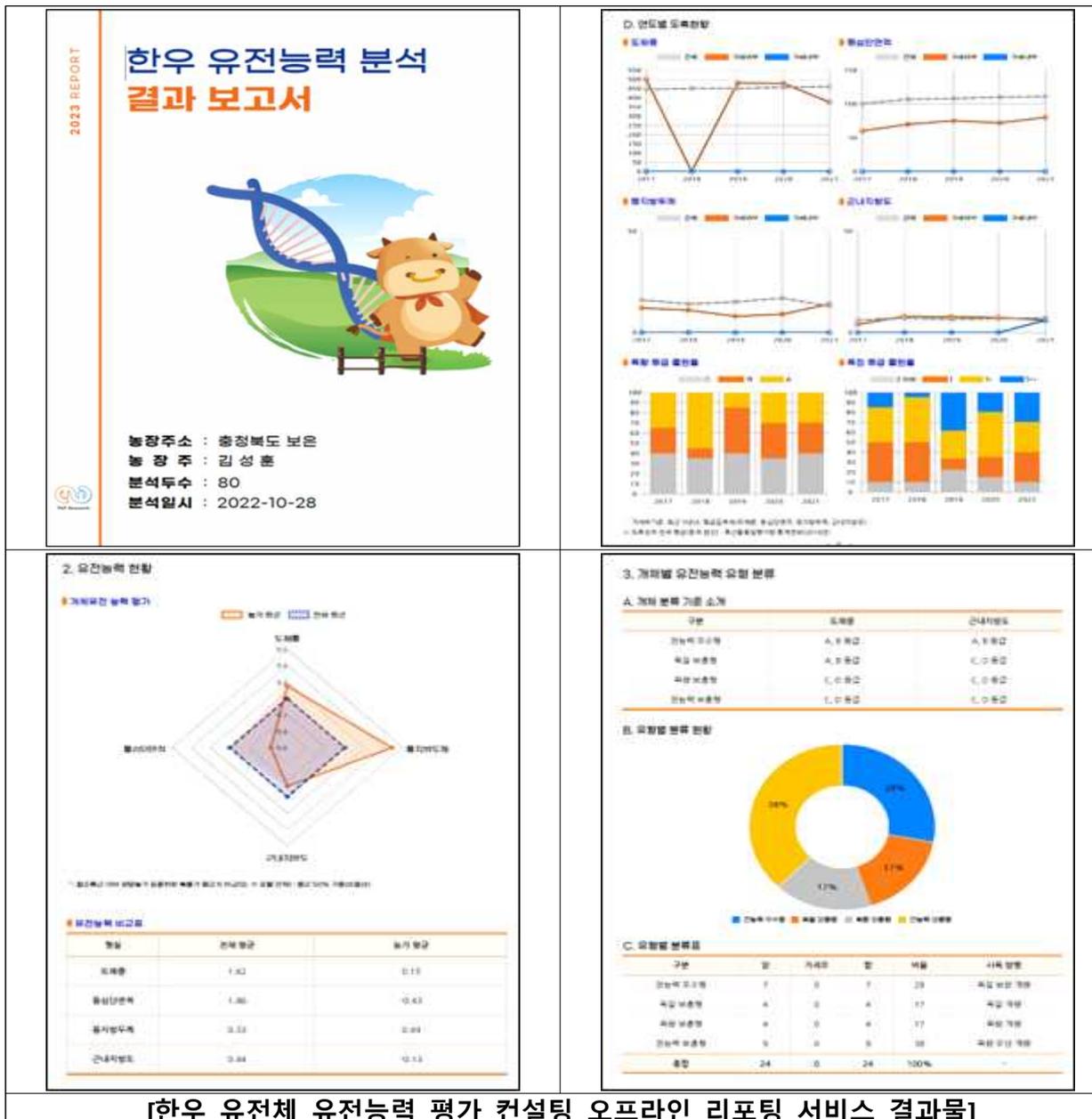
< 그림 9. 한우스타 홍보 및 설명 영상 >

- [한우스타] 농가 리포팅을 이용한 오프라인 컨설팅 비즈니스 모델 수립

- [한우스타] 가입 농가의 리포팅 자동 생성을 통한 오프라인 컨설팅 서비스 수행 방안 모색
- 주로 농장주의 나잇대가 많거나 IT 기기 사용에 제한이 있는 경우를 대상으로 컨설팅 서비스를 수행하기 위한 방안을 모색
- 현장 컨설팅을 수행할 경우 별도의 테블릿 PC를 통해 자료를 제공하기도 하지만, 일부 농가에서는 리포트를 더 선호하여 온라인 비즈니스 모델과 병행할 목적으로 서비스 개설
- 별도로 농가를 관리하는 컨설턴트를 대상으로 농가 리포트에 대한 활용 방안 및 추가 정보를 이용한 신규 리포트 작성에 대한 방안을 개발하고, 이를 관리자를 대상으로 교육할 계획



[한우 유전체 유전능력 평가 컨설팅 기술 교육 및 홍보]

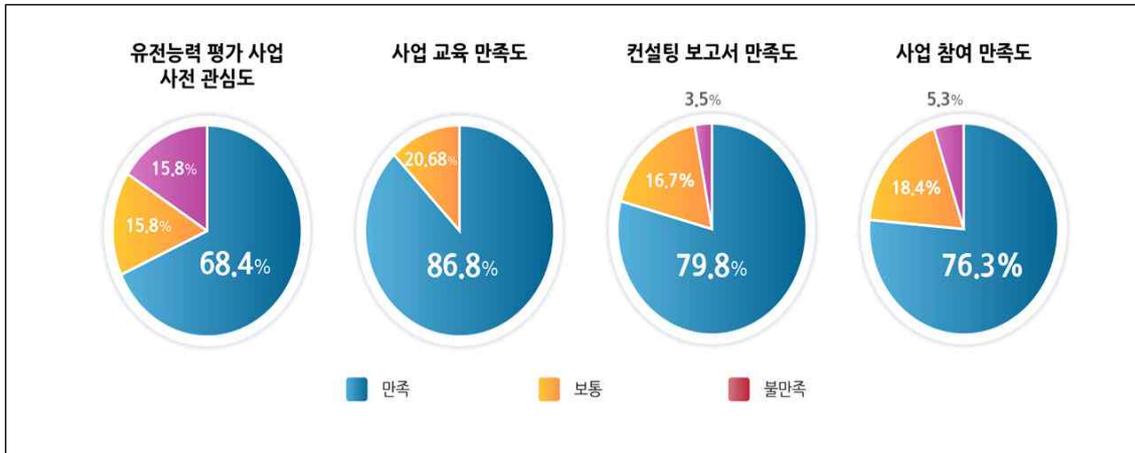


[한우 유전체 유전능력 평가 컨설팅 오프라인 리포팅 서비스 결과물]

- 온·오프라인 한우 유전능력 컨설팅 서비스 농가 시범 적용 수행 및 관계자 교육·홍보
  - 한우 유전체 유전능력 평가 결과를 이용한 농가 컨설팅 서비스에 대한 관계자 교육 및 홍보 수행
  - 개발 기술에 대한 설명 및 개발된 결과물인 [한우스타]와 여기에서 제공되는 리포트를 이

용한 실제 농가 컨설팅 방안에 대한 교육 커리큘럼을 진행

- 관계 교육을 통해서 지역 농가를 중심으로 한 관리 기관을 설정하고, 해당 관리 기관을 중심으로 사용자를 확대할 계획
- 축산물품질평가원에서도 [한우스타]와 리포트를 이용하여 각 지역에 소재한 축산물품질평가원 지원을 중심으로 영세 농가 및 기술 보급에서 소외된 농가를 대상으로 한 시범 사업 수행
- 시범 적용된 농가를 대상으로 설문 조사를 통해 개발 기술과 서비스에 대한 만족도 등을 조사



[한우 유전능력 평가 컨설팅 서비스 시범 사업 참여 설문조사 결과]

[공동연구기관 : 축산물품질평가원]

한우 新품질기준(근내지방 섬세도) 적용을 위한 이화학·유전형질 요인 연구」 수행

① (기초분석) 한우 근내지방 섬세도에 따른 통계분석 결과(1,147두)

- 근내지방도가 증가하면 지방면적비, 섬세지수는 상승하는 반면 지방입자 개수는 감소 경향을 보임
- 섬세지수가 높을수록 육량(도체중, 등심단면적), 육질(BMS.No)이 높은 특성을 나타냄  
- (활용) 지방면적비와 섬세지수를 같이 평가항목으로 적용해야 개량지표로 활용가능

② (범위설정) 한우 근내지방 선호도조사를 통한 섬세도 구분기준 설정 연구

- 지방면적비 32% 이상 구간은 현 지수로 섬세정도 구분 가능

Talbe 1. 지방면적비와 섬세도

구 분	23~26%	26~29%	29~32%	32~35%	35~38%
섬 세	-	0.25이하	0.27이하	<b>0.28이하</b>	<b>0.29이하</b>
뭉 침	-	<b>0.29이상</b>	<b>0.31이상</b>	<b>0.32이상</b>	<b>0.33이상</b>

			
지방면적비 : 23~26% 섬세지수 : 0.224	지방면적비 : 23~26% 그룹 섬세지수 : 0.281	지방면적비 : 35~38% 그룹 섬세지수 : 0.288	지방면적비 : 35~38% 그룹 섬세지수 : 0.337

< 섬세vs뭉침 참고사진 >

③ (이화학 특성) 한우 근내지방 섬세 vs 뭉침별 이화학 특성 결과

- pH가 뭉침 그룹이 높았지만 모두 정상범위이며, 타 항목은 차이 없음
- 백색 근섬유인 type II X가 섬세한 근내지방에 높은 비율을 보임  
- (type II X) 근내지방 면적비가 높은 구간에서 근내지방이 섬세한 그룹은 백색 근섬유(type II X) 비율이 높아 근내지방을 섬세하게 하는 요인으로 추정

한우 생산농가 경제형질 유전능력 예측 시스템 적용 및 이력정보 제고 기반 마련

□ 한우 유전체 분석 참조집단 확대를 위한 공동연구 진행

- 참조집단 확대를 통한 도체성적 예측모델 정확도 제고
- 축산물 유전자원 시료의 활용을 통한 기초분석자료 확보

□ 유전체 분석을 통한 한우 경제형질 분석의 정확성 검증

- 경제형질 예측과 실제 도체성적 양의 상관관계를 확인
- 유전체 마커 정보의 사육단계 이력관리 적용 가능성 확인

□ 유전체 분석 시스템 활용(장비, 기술이전, 전문가양성) 준비

- (장비도입) 유전체 분석 시스템 1set(SNP Chip) 도입 및 분석 세팅
- (기술이전) 축산과학원, 분석 전문기관, 산학연 등 외부기관으로부터 유전체 분석 관련 기술

## 교육 및 실습

- DNA QC, 실험방법, 실험장비 제어, 통계분석, 활용방안 등

### □ 유전체 분석 시스템(SNP) 운용역량 확보를 위한 실험 및 통계분석 전문인력 양성(5명)

#### ○ (실험전문가 양성) 교육 및 실습을 통한 유전체 분석 전문가 양성(4명)

- DNA QC(품질관리), 장비·프로그램 운영, 트러블 슈팅, data 확인
- 분석결과 분석, 통계처리, 컨설팅자료 생성 및 신규 유전형질 발굴, marker 선발(GWAS), 유전체 연관성 분석

### □ (시험적용) 지원 특화사업과 연계한 농가 활용 컨설팅 시범사업 추진

#### ○ (컨설팅 전문가 양성) 지원 담당자 대상 유전체 분석 이해·활용 교육지원(2회 추진)

- 지원별 농가 컨설팅 담당자 중 희망자를 선정, 신기술 이해, 소 모근 시료채취, 컨설팅자료 활용 방법 등 교육(대면·비대면 활용)

- 유전체 정보 + 이력·등급자료를 활용하여 농가 선호 정보 제공으로 컨설팅 고도화

#### ○ (현장 적용 1차) 한우 경제형질 예측기술 한우농가 시험적용

- 기관 사업과 연계한 컨설팅 한우농가(성장 사다리, 그린나래 등 영세농가 포함) 선정

- 지역 위탁기관, 한우협회, 학계, 지자체 등 전문가협의회와 협력하여 선정

- 한우 성별에 따른 경제형질 예측 활용 방향 설정

- 암소 : 우량암소 진단 및 번식, 비육 등 선택기준 제공, KPN 최적 매칭 등

- 거세우 : 경제형질 예측으로 맞춤형 사양 지표 제공, 사육 지속 여부 정보제공 등

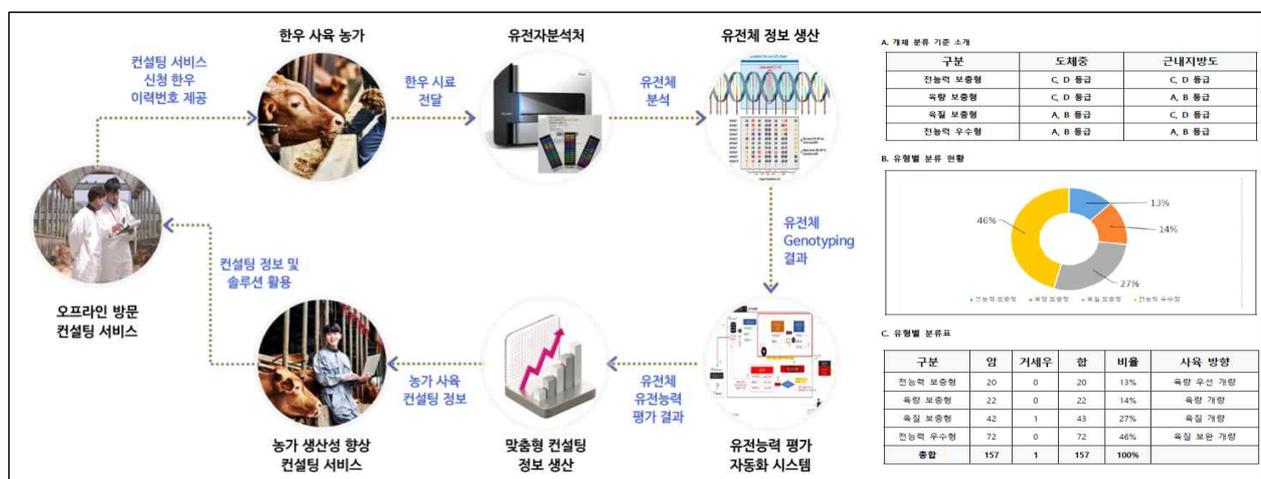
- 암소, 거세 : 친자확인 정보제공으로 이력(혈통)정보 오류 검출 및 아버 찾기 기능

- 송아지 가축시장 화상 경매 및 도매시장 출하 여부 판단자료 제공

#### ○ (현장 적용 2차) 1차 분석 중간 점검 후 추가 한우 농가 선발 및 분석자료 제공

- 1차 지정된 농가를 제외한 신규 한우 농가를 대상으로 선발

- 전체 200두 유전능력 평가 및 농가 컨설팅 자료 생성 후 환류



< 그림 10. 유전능력 평가 및 농가 컨설팅 자료 생성 및 솔루션 >

#### ○ (현장 적용 3차) 한우 유전체 분석 정보 활용 확대를 위해 다양한 한우 농가를 선발하여 시험 적용

- 7개 농가 162두 한우 우량 암소 선발 및 소 사육기간 단축 농가 유전능력 평가 및 농가 환류

- 소 사육방식 개선, 탄소 감축 농가, 수정란 이식 시범사업 출생 송아지 등 유전체 정보

생성 후 환류(20개 농가 78두)

□ 원활한 수급 안정을 위한 한우 유전체 분석(SNP chip) 서비스 제공

○ 혈통(육종가) 기반의 소 유전능력 평가방식 → 유전체 분석 데이터를 융합한 저능력우 도태 지원

□ (MS방식 보완) KPN의 SNP chip 정보 매칭을 통한 정확성 제고

○ (정액 정보) 인공수정 시 정액의 부 개체(KPN) 정보입력 오류로 인한 친자 불일치 발생시 SNP chip 분석을 통해 인공수정 정보 정확도 향상

- 한우개량사업소의 보증씨수수소(KPN) 유전체 정보 공유 협조 협의 추진

• SNP Chip 마커(약 5,000개) 정보를 이용하여 정확한 친부 찾기 가능

○ (친자확인) 가축시장에서의 친자확인 요구 시 SNP chip 분석으로 친자확인 검사 외 정확한 부 개체정보도 검색 가능

○ (귀표 재부착) 자가 부착 농가의 재부착 귀표의 이력 관리 오류, 의도적인 귀표둔갑 등 사육 단계 이력 관리 정확성 향상 방안 조사

- 보증씨수수소(KPN) 유전체 정보와 대조하여 친자 불일치로 위변조 확인 가능

• SNP 친자 검사용 마커 5천개로 유전적 확률에 따라 정확하게 부모 이력 정보 오류가 있는 개체 추정과 교정이 가능

○ (위험관리 농가) 소의 모 개체식별번호 정확성 검증 및 위험관리 대상(신고 부진농가 등) 오류 추정 개체에 대한 이력 정보 검증 적용 가능

□ 축산물이력제 소 사육단계 후보씨수수소(KPN) 유전자형 교차검사

○ (후보씨수수소 교차검증) 한우·젖소 당대검정 후보 씨수수소 유전자형 검사를 교차검증(MS, SNP 검사 등)하여 한우·젖소 혈통정보 정확도 제고 가능

• 관련규정 : 소 사육단계 DNA검사 세부지침, 「가축개량지원 사업 시행지침」

□ 한우 번식형질에 대한 유전체 육종가 추정 최적 모델 설정

○ 분석 데이터 수집

- 암소 9,598두: Illumina hanwoo 50K SNP chip 분석
- 참조집단: 암소 6,823두
- 분석 형질: 분만 간격(CI), 초산일령(AFC), 임신 기간(GL), 인공수정 차수(NAIPC)

○ 모델 설정

- 유전체 정보에 기반한 유전체 관계 행렬(genomic relationship matrix, GRM) 이용
- single trait linear mixed model 적용

$$y = Xb + Zu + e$$

$y$  : 각 형질의 표현형 벡터

$b$  : 고정효과에 대한 벡터

$u$  : 임의효과에 대한 벡터

$e$  : 환경효과 및 임의 잔차 벡터

$X$  : 고정효과에 대한 설계 행렬(design matrix)

$Z$  : 임의효과에 대한 설계 행렬(design matrix)

- 고정효과는 출생연도, 출생 계절, 도축 연도, 도축 계절을 하나의 그룹으로 설정하였고, 각 개체의 개별 효과를 임의효과로 설정

○ 유전 모수 추정

- BLUPF90을 통해 유전 모수 구함

Table 2. 번식 형질(분만간격, 초산일령, 임신기간, 차수)에 대한 유전모수 및 유전력

Traits	$\sigma_{\alpha}^2 \pm SD$	$\sigma_e^2 \pm SD$	$\sigma_p^2 \pm SD$	$h^2 \pm SD$
분만 간격(CI)	212.83±71.76	2297.80±79.59	2510.63±151.35	0.08±0.47
초산일령(AFC)	86.32±30.48	1505.50±38.59	1591.82±69.07	0.05±0.44
임신 기간(GL)	9.21±1.74	47.90±1.66	57.11±3.40	0.16±0.51
차수(NAIPC)	0.07±0.01	0.42±0.01	0.49±0.02	0.14±0.50

$\sigma_{\alpha}^2$  : Genetic variance,  $\sigma_e^2$  : Residual variance,  $\sigma_p^2$  : Phenotypic variance,  $h^2$  : Heritability

- BLUPF90 분석결과 번식형질들의 유전력은 8~14%로 낮게 나타남

○ 번식 형질에 대한 모델 정확도 비교

- PBLUP, ssGBLUP, WssGBLUP 방법을 적용하여 육종가 정확도를 비교함

Table 3. 번식 형질(분만간격, 초산일령, 임신기간, 차수)에 대한 육종가 정확도 비교

Traits	N	PBLUP	ssGBLUP	WssGBLUP
<b>유전형 + 표현형 정보를 이용한 정확도 (PHEN + GEN)</b>				
분만 간격(CI)	4,721	0.41±0.07	0.42±0.05	0.56±0.04
초산일령(AFC)	6,245	0.37±0.07	0.38±0.05	0.51±0.04
임신기간(GL)	6,672	0.52±0.07	0.55±0.05	0.66±0.03
차수(NAIPC)	6,687	0.50±0.07	0.52±0.05	0.66±0.03
<b>Average</b>		0.45	0.47	0.60
<b>유전형 정보를 이용한 정확도 (GEN)</b>				
분만 간격(CI)	4,725	0.27±0.14	0.36±0.06	0.53±0.04
초산일령(AFC)	3,203	0.28±0.12	0.34±0.06	0.49±0.04
임신기간(GL)	2,774	0.37±0.15	0.48±0.06	0.65±0.04
차수(NAIPC)	2,761	0.36±0.14	0.46±0.06	0.63±0.04
<b>Average</b>		0.32	0.41	0.57

- 분석결과 참조집단 개체들의 육종가 정확도는 wssBLUP 방법이 평균 60%로 가장 높게 나타남
- 검정 개체들의 경우 또한 wssBLUP 방법이 49~63% (평균 60%)로 가장 높게 나타남

□ 한우 번식 형질 및 도체 형질들간 상관관계 분석

○ 분석 데이터 수집

- 도축 암소 1,544두에 대하여 Illumina 50K SNP chip 분석 및 번식·도체 형질 자료 수집
- 분석 형질: 분만 간격(CI), 초산일령(AFC), 임신기간(GL), 차수(NAIPC), 도체중(CWT), 등심단면적(EMA), 등지방두께(BF), 근내지방도(MS)

○ 모델 설정

- 유전체 정보에 기반 multi-trait linear mixed model을 적용

$$y = Xb + Zu + e$$

$y$  : 각 형질의 표현형 벡터

$b$  : 고정효과에 대한 벡터

$u$  : 임의효과에 대한 벡터

$e$  : 환경효과 및 임의 잔차 벡터

$X$  : 고정효과에 대한 설계 행렬(design matrix)

$Z$  : 임의효과에 대한 설계 행렬(design matrix)

- 고정효과는 출생연도, 출생 계절을 첫 번째 그룹, 도축 월령을 두 번째 그룹으로 설정하였고, 각 개체의 개별 효과를 임의효과로 설정

○ 상관 관계 분석결과

- 번식 형질들과 도체형질들 간 유전(대각선 위쪽) 및 표현형(아래쪽) 상관은 전반적으로 낮음

Table 4. 번식 형질 및 도체 형질 간 상관관계

Trait	CI	AFC	GL	NAIPC	CWT	EMA	BF	MS
CI	1.00	0.26	0.36	-0.56	0.09	-0.03	0.30	-0.21
AFC	0.05	1.00	-0.41	-0.01	0.48	0.24	0.21	-0.04
GL	-0.06	0.04	1.00	0.61	0.04	-0.14	-0.09	0.07
NAIPC	-0.03	0.30	0.05	1.00	0.49	0.35	-0.04	-0.15
CWT	-0.01	-0.01	0.01	0.04	1.00	0.60	-0.12	0.13
EMA	-0.02	0.03	-0.00	0.05	0.66	1.00	-0.18	0.28
BF	0.04	-0.04	0.03	-0.02	0.29	0.09	1.00	0.35
MS	-0.01	-0.03	0.07	0.03	0.29	0.33	0.14	1.00

□ 한우 도체 고급육 형질에 대한 유전체 육종가 추정 최적 모델 설정

○ 분석 데이터 수집

- 출하 거세우 19,154두 Illumina 50K SNP chip 및 도체형질 자료 수집
- 분석 형질: 도체중(CWT), 등심단면적(EMA), 등지방두께(BF), 근내지방도(MS)

○ 모델 설정

- 유전체 정보 기반 single trait linear mixed model 적용

$$y = Xb + Za + e$$

$y$  : 각 형질의 표현형 벡터

$b$  : 고정효과에 대한 벡터

$u$  : 임의효과에 대한 벡터

$e$  : 환경효과 및 임의 잔차 벡터

$X$  : 고정효과에 대한 설계 행렬(design matrix)

$Z$  : 임의효과에 대한 설계 행렬(design matrix)

- 고정효과는 성별, 도축 월령, 도축 계절을 한 그룹으로 설정하였고, 각 개체의 개별 효과를 임의효과로 설정

○ 각 분석 방법에 따른 유전력 및 육종가 정확도 비교

- GBLUP 및 여러 Bayesian 방법을 적용한 유전력 및 육종가 정확도 추정

Table 5. GBLUP, Bayes 방법들을 이용한 도체형질 유전력 추정

Traits	GBLUP	BayesA	BayesB	BayesC	BayesCPI
CWT	0.32	0.39	0.35	0.36	0.38
EMA	0.30	0.34	0.31	0.33	0.35
BF	0.30	0.33	0.29	0.31	0.32
MS	0.39	0.41	0.36	0.38	0.39

Table 6. GBLUP, Bayes 방법들을 이용한 도체형질 육종가 정확도

Traits	GBLUP	WGBLUP	BayesA	BayesB	BayesC	BayesCPI
CWT	0.80	0.89	0.85	0.87	0.86	0.86
EMA	0.79	0.88	0.82	0.84	0.83	0.83
BF	0.79	0.89	0.81	0.82	0.82	0.82
MS	0.83	0.91	0.83	0.84	0.84	0.84
Average	0.80	0.89	0.83	0.84	0.84	0.83

- 분석 방법들에 따른 유전력은 유사하게 나타남
- weighted GBLUP (wGBLUP) 방법이 다른 방법보다 가장 높은 육종가 정확도를 보임

□ 참조집단에 구성에 따른 도체 고급육 형질 유전체 육종가 정확도 평가

○ 분석 데이터 수집

- SNP chip: Illumina hanwoo 50K SNP chip
- 분석 개체 표현형 수집: 출하 한우 거세우 19,154두 및 암소 1,703두
- 분석 형질: 도체중(CWT), 등심단면적(EMA), 등지방두께(BF), 근내지방도(MS)

○ 모델 설정

- 유전체 정보에 기반 single trait linear mixed model 적용

$$y = Xb + Za + e$$

$y$  : 각 형질의 표현형 벡터

$b$  : 고정효과에 대한 벡터

$u$  : 임의효과에 대한 벡터

$e$  : 환경효과 및 임의 잔차 벡터

$X$  : 고정효과에 대한 설계 행렬(design matrix)

$Z$  : 임의효과에 대한 설계 행렬(design matrix)

- 분석 형질( $y$ ): 도체중(CWT), 등심단면적(EMA), 등지방두께(BF), 근내지방도(MS)
- 고정효과는 출생연도\_출생 계절, 도축월령 그룹, 도축장을 각각의 그룹으로 설정하였고, 각 개체의 개별 효과를 임의효과로 설정

○ 참조집단에 대한 암소 검정 집단의 모델 정확도

- 비교를 위해 참조집단을 세 그룹으로 나눔
  - 참조집단 A : 전국 출하 거세우 18,137두
  - 참조집단 B : 전국 거세우 및 경북지역 출하 거세우 추가 => 19,154두
  - 참조집단 C : 전국 거세우에서 임의로 1,107두 제거 및 경북지역 출하 거세우 추가 => 18,137두
- 검정집단 : 암소 1,703두에 대한 추정 유전체 육종가 모델 정확도 평가
- 분석 결과
  - 참조집단 A보다는 참조집단 B를 사용할 경우 정확도가 미비하게 높았음
  - 참조집단 A보다는 참조집단 C를 사용할 경우 정확도가 미비하게 높았음
  - 참조집단 B가 참조집단 C를 사용할 경우보다 육종가 정확도가 미비하게 높았음

Table 7. 참조집단에 따른 암소 검정집단의 분석 형질에 대한 모델 정확도

Group	CWT	EMA	BF	MS	Average
참조집단 A	0.753	0.742	0.749	0.779	0.756
참조집단 B	0.762	0.750	0.760	0.788	0.765
참조집단 C	0.757	0.745	0.754	0.782	0.760

□ 한우 번식형질 경제적 가중치를 이용한 선발 지수식 개발

○ 번식형질 측정치 증가에 따른 경제적 가치 평가

- 주요 번식형질: 분만간격, 초산일령, 임신기간, 수태당 종부 회수
  - 사양관리비: 암소 하루 사양관리비 5천원,
  - 분만간격, 초산일령, 임신기간의 경우 하루 단축시에 5천원 절감
  - 수태당 종부회수 평균 간격은 20일 (3주)임
  - 종부 회수 1회 증가시 사양관리비 10만원 및 인공수정비 6만원 소요 (합 26만원)
- 분석결과

- $\beta_1$  : 5,000 (분만간격 하루 증가시 사양관리비 5,000원 증가)
- $\beta_2$  : 5,000 (초산일령 하루 증가시 사양관리비 5,000원 증가)
- $\beta_3$  : 5,000 (임신기간 하루 증가시 사양관리비 5,000원 증가)
- $\beta_4$  : 260,000 (종부회수 1회 증가시 사양관리비 260,000원 증가)

○ 번식형질들간 표현형 및 유전자형 분산·공분산 성분값 추정

- 앞서 언급되어진 도축암소 1,544두에 대하여 번식형질들 분석 결과를 활용함
- 분석 결과
- 표현형 분산·공분산(P) = [분만간격: 초산일령: 임신기간: 종부회수]

2897.35	206.72	-25.38	2.06
206.72	5386.87	66.69	15.79
-25.38	66.69	45.05	0.00
2.06	15.79	0.00	0.41

- 유전형 분산·공분산(P) = [분만간격: 초산일령: 임신기간: 종부회수]

280.43	142.16	13.64	1.17
142.16	697.16	18.92	1.60
13.64	18.92	7.54	0.16
1.17	1.60	0.16	0.04

○ 선발지수식 개발

- 개체(암소)의 네 형질들의 경제적 가중치 및 육종가를 조합한 선발지수 식은 다음과 같다

$$I = b_1BV_1 + b_2BV_2 + b_3BV_3 + b_4BV_4$$

I : 각 개체의 선발지수 값

$b_i$  : 각 형질(i)의 선발지수에 대한 상대적 기여 값

$BV_i$ : 각 개체별 해당 i 형질 유전체 육종가 값

선발지수 상대적 기여 값을 추정하기 위해서 다음 공식을 적용

$$b = P^{-1} * G * \beta$$

b:  $b_1, b_2, b_3, b_4$ 를 포함한 벡터

- 분석 결과

$b_1$ : 828    $b_2$ : 686    $b_3$ : 4,821    $b_4$ : 32,969

○ 선발지수식 활용

- 각 암소별로 번식형질에 대한 유전체 육종가 추정치에 선발지수 상대적 기여값을 합산하여 계산된 선발지수 값에 근거하여 선발지수 값이 낮은 개체를 우선적으로 번식능력을 평가함

□ 한우 도체 고급육 형질 경제적 가중치를 이용한 선발 지수식 개발

○ 고급육 형질들 값에 따른 경매가격 기대값을 다중 선형회귀 모델을 적용

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_4X_4 + e$$

Y: 24,500두 거세우들의 출하 경매가격들을 포함한 벡터

$\beta_0$ : Y축 기울기 또는 고정효과(거세우 출생년월, 도축월령, 도축장소)

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  : 도체중, 등지방두께, 등심단면적, 마블링의 회귀계수, 즉 경매가격에 대한 각 형질들의 1단위 증가에 따른 기댓값

$X_1, X_2, X_3, X_4$ : 도체중, 등지방두께, 등심단면적, 마블링 값들의 벡터

분석 결과:

$\beta_1$  : 17,800 (도체중 1kg 증가시 경매가격 17,800원 증가)

$\beta_2$  : -58,965 (등지방두께 1mm 감소시 경매가격 58,965원 증가)

$\beta_3$  : 11,275 (배장근단면적 1cm<sup>2</sup> 증가시 경매가격 11,275원 증가)

$\beta_4$  : 744,752 (마블링 1 단위 증가시 744,752원 증가)

○ 도체 고급육 형질들간 표현형 및 유전자형 분산·공분산 성분값 추정

일반 선형모형(General linear model)인 애니멀 모델(Animal Model) 적용

$$Y = Xb + Zu + e$$

Y: 4,200두 거세우들의 네 가지 형질들 값을 포함한 벡터

b: 형질들에 관여하는 주요 고정효과들을 포함한 벡터

u: 각 개체들에 대한 네 가지 형질들의 육종가 값들의 벡터

위 공식으로부터 형질들간의 표현형 및 유전자형 분산·공분산 값 추정

표현형 분산·공분산 (P) =

2099.34	82.65	247.14	9.51
82.65	24.89	0.81	0.31
247.14	0.81	122.69	6.06
9.51	0.31	6.06	2.40

유전자형 분산·공분산 (G)=

875.64	23.73	81.51	3.37
23.73	8.93	-3.06	-0.35
81.51	-3.06	43.62	2.63
3.37	-0.35	2.63	0.91

○ 선발지수식 개발

각 개체(암소)에 대한 네 형질들의 경제적 가중치 및 육종가를 조합한 선발지수 식은

$$I = b_1BV_1 + b_2BV_2 + b_3BV_3 + b_4BV_4$$

I : 각 개체의 선발지수 값

b<sub>i</sub> : 각 형질(i)의 선발지수에 대한 상대적 기여 값

BV<sub>i</sub>: 각 개체별 해당 i 형질 유전체 육종가 값

선발지수 상대적 기여 값을 추정하기 위해서 다음 공식을 적용

$$b = P^{-1} * G * \beta$$

b: b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub>를 포함한 벡터

분석결과

$$b_1: 8,849 \quad b_2: -49,148 \quad b_3: 1,202 \quad b_4: 294,945$$

$$I = 8,849 * BV_1 - 49,148 * BV_2 + 1,202 * BV_3 + 294,945 * BV_4$$

도체중      등지방두께      등심단면적      마블링

○ 선발지수식 활용

- 각 암소별로 도체 고급육 형질에 대한 유전체 육종가 추정치에 선발지수 상대적 기여값을 합산하여 계산된 선발지수 값에 근거하여 선발지수 값이 높은 개체를 우선적으로 선발을 고려함

□ 한우 번식 및 도체 고급육 형질 경제적 가중치를 동시에 이용한 선발 지수식 개발

○ 앞서 번식형질, 도체 고급육 형질에서 언급한 상대적 증감 가격을 이용함

(분만간격: 초산일령: 임신기간: 종부회수: 도체중: 등심단면적: 등지방두께: 마블링)

( $\beta_1=-5000$ ,  $\beta_2=-5000$ ,  $\beta_3=-5000$ ,  $\beta_4=-260,000$ ,

$\beta_5=17,800$ ,  $\beta_6=11,275$ ,  $\beta_7=-58,965$ ,  $\beta_8=744,752$ )

○ 번식 형질들간 표현형 및 유전자형 분산·공분산 성분값 추정

- 앞서 언급되어진 도축암소 1,544두에 대하여 번식·도체 고급육 형질들 분석 결과를 활용함

- 분석 결과

- 표현형 분산·공분산(P)=[분만간격:초산일령:임신기간:종부회수:도체중:등심단면적:등지방두께:마블링]

2897.35	206.72	-25.38	2.06	83.41	17.50	8.80	9.09
206.72	5386.87	66.69	15.79	-224.27	21.40	-16.77	3.10
-25.38	66.69	45.05	0.00	16.77	6.84	3.74	1.29
2.06	15.79	0.00	0.41	-0.47	0.20	0.03	0.13
83.41	-224.27	16.77	-0.47	2465.62	325.85	110.36	27.83
17.50	21.40	6.84	0.20	325.85	162.79	14.66	6.88
8.80	-16.77	3.74	0.03	110.36	14.66	33.16	0.79
9.09	3.10	1.29	0.13	27.83	6.88	0.79	3.73

- 유전형 분산·공분산(P) =

280.43	142.16	13.64	1.17	119.60	30.26	12.73	4.76
142.16	697.16	18.92	1.60	166.25	42.15	17.86	6.62
13.64	18.92	7.54	0.16	15.67	3.98	1.70	0.63
1.17	1.60	0.16	0.04	1.40	0.35	0.15	0.05
119.60	166.25	15.67	1.40	918.70	39.97	14.82	5.40
30.26	42.15	3.98	0.35	39.97	56.87	3.73	1.41
12.73	17.86	1.70	0.15	14.82	3.73	9.08	0.59
4.76	6.62	0.63	0.05	5.40	1.41	0.59	1.66

○ 선발지수식 개발

- 개체에 대한 여덟 형질들의 경제적 가중치 및 육종가를 조합한 선발지수 식은 다음과 같다

$$I = b_1BV_1 + b_2BV_2 + b_3BV_3 + b_4BV_4 + b_5BV_5 + b_6BV_6 + b_7BV_7 + b_8BV_8$$

I : 각 개체의 선발지수 값

$b_i$  : 각 형질(i)의 선발지수에 대한 상대적 기여 값

$BV_i$ : 각 개체별 해당 i 형질 유전체 육종가 값

선발지수 상대적 기여 값을 추정하기 위해서 다음 공식을 적용

$$b = P^{-1} * G * \beta$$

b:  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8$ 를 포함한 벡터

- 분석결과 (분만간격:초산일령:임신기간:종부회수:도체중:등심단면적:등지방두께: 마블링)

$b_1:$  -75  $b_2:$  620  $b_3:$  1,624  $b_4:$  -23,514

$b_5:$  6,761  $b_6:$  -14,293  $b_7:$  -23,120  $b_8:$  313,453

○ 선발지수식 활용

- 각 암소별로 번식·도체 고급육 형질에 대한 유전체 육종가 추정치에 선발지수 상대적 기여 값을 합산하여 계산된 선발지수 값에 근거하여 선발지수 값이 높은 개체를 우선적으로 선발 대상으로 고려함

□ 한우 경제형질 예측을 위한 유전체 분석 최적 모델 개발

○ 한우 암소 유전체 육종가 추정 최적 모델 설정 및 정확도 검증

유전능력 평가에 있어서 최적 모델은 추정 육종가의 정확도가 가장 높은 모델을 설정하는 것이다. 이에 본 연구에서는 추정 육종가의 정확도에 영향을 미치는 가장 중요한 모수(Parameter)인 유전분산 및 유전력의 변화 추이를 다양한 통계 모델에서 제시하였다.

- 기개발된 소프트웨어(BLUPf90, Mix99, ASREML4.0, MTG2.2 등) 사용 유전모수 추정 효율성 비교

- 현재 유전능력 평가 및 유전모수 추정에 활용되고 있는 주요 소프트웨어 중에서 범용으로 사용하고 있는 BLUPf90, MTG2.2 소프트웨어를 이용하여 혈통정보를 이용한 PBLUP, 유전체 정보만을 이용한 GBLUP, 그리고 혈통(0.05%) 유전체(0.95%)의 정보를 이용한 ssGBLUP 방법을 적용하여 육종 목표형질인 4개 도체형질(도체중, 등지방두께, 등심단면적, 근내지방도) 유전모수를 추정하고 모수값의 변화를 추적함
- 한우의 유전모수를 보다 효율적이고 정확하게 비교 분석하기 위해 분석방법 간 동일한 참조집단을 이용하여 모수를 추정
- <공시자료> 2007년도부터 2017년에 출생하여 2013년부터 2019년도까지 도축된 평균 출하월령 30개월 한우 거세우로 구성된 핵심 참조집단 18,361두를 이용하여 유전모수를 추정하였다. 본 자료는 농촌진흥청 차세대 바이오그린21사업으로부터 도출된 자료를 이용하였다.
- 혈통 자료는 참조집단 18,361두의 부계 3세대 혈통을 이용하였고, 혈통 자료는 한국종축개량협회로부터 제공받아 사용하였다.
- <자료의 QC> Illumina Bovine 50K chip을 이용하여 자료 분석을 수행하기 전에 유전체 정보의 품질을 정확하게 분석하여 분석의 오차가 없도록 SNP quality control 수행하였다. 본 연구에서 SNP quality control은 plink1.9 software 이용하여 수행하였으며, 옵션으로 geno 0.1, hwe 0.0001, maf 0.01를 만족하지 못하는 SNP정보를 제거하고, 최종 40,390 SNP정보를 이용하여 분석을 수행하였다.
- 유전모수 추정을 위한 참조집단의 표현형 기초통계량을 살펴보면 4가지 경제형질(도체중, 등지방두께, 등심단면적, 근내지방도)에 대해 각각 평균이 440.791, 13.871, 95.820, 5.911이며, 표준편차는 46.207, 4.258, 11.237, 1.841로 편향되지 않은 정규분포 형태의 참조집단의 데이터를 분석에 이용함

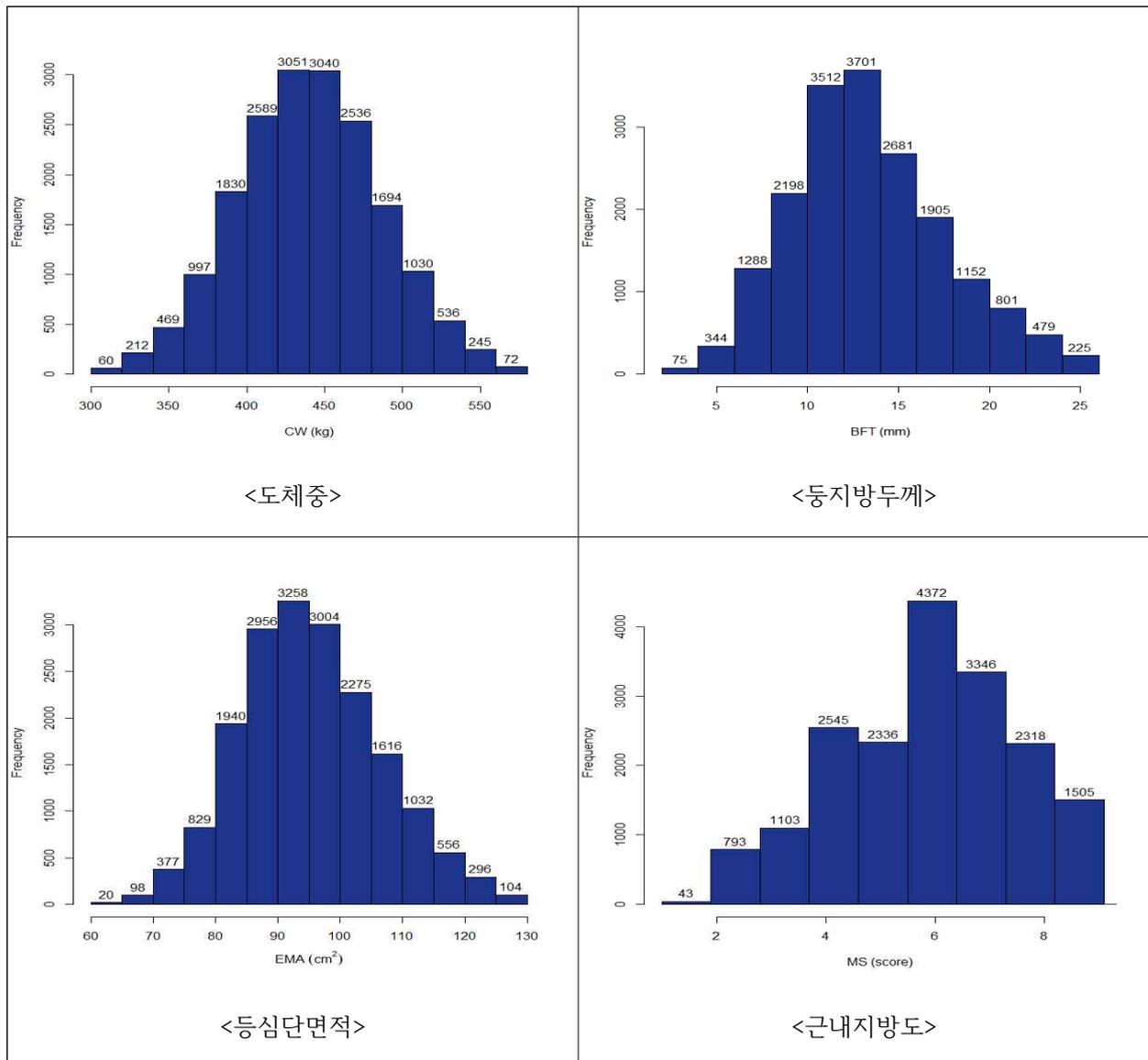
- 한우 거세우로 구성된 핵심 참조집단(N=18,361) 기초통계량

- 핵심 참조집단의 기초통계량은 아래의 표와 같다. 도체중의 평균값은 440kg, 표준편차는 46.2kg으로 분석되었으며, 등지방두께는 평균 13.8mm, 그리고 표준편차 4.25였다. 등심단면적의 평균은 95.82cm<sup>2</sup>, 표준편차 11.23이었다. 근내지방도의 평균은 5.9, 그리고 표준편차는 1.84였다. 이러한 통계량은 한우 전체 모집단을 잘 대표하고 있다고 판단된다.

Table 8. 참조집단의 기초통계량

Trait	Median	Mean	SD	Min	Max
CW	440	440.791	46.207	312	571
BFT	13	13.871	4.258	2	26
EMA	95	95.820	11.237	64	128
MS	6	5.911	1.841	1	9

- 핵심 참조집단의 4개형질에 대한 정규성을 아래와 같이 분포로 확인하였다. 아래 그림에서 보는 바와 같이 도체중, 등지방두께, 등심단면적에서 정규분포하는 것을 확인할 수 있으며, 근내지방도는 약간 왼쪽으로 치우쳐 있으나 범주형으로 정규분포하는 것으로 분석에 활용하였다.



< Figure 1. 한우 거세우 집단 핵심 참조집단(N=18,361) 표현형 분포 >

- BLUPf90 와 MTG2.2소프트웨어를 이용하여 PBLUP, GBLUP, ssGBLUP 방법에 따른 도체중, 등지방두께, 등심단면적, 근내지방도에 대한 유전력 비교 분석한 결과, 혈통 자료만 이용하는 PBLUP 방법을 이용했을 때 MTG2.2가 BLUPf90 보다 도체중 0.04, 등심단면적 0.03, 근내지방도 0.04 더 높게 추정되었다.
- 유전체 정보를 이용한 유전력은 BLUPf90을 이용하였을 때, 0.01~0.02 더 높게 나타났으며, 혈통정보와 유전체 정보를 모두 이용할 경우, MTG2.2이 각 형질에 대해 0.01 더 높게 분석되었다.
- 모수 추정에 있어 BLUPf90와 MTG2.2 소프트웨어의 차이는 미비한 것으로 나타났다.

Table 9. 한우 상업축 참조집단 모수(PBLUP, 혈통정보)

	소프트웨어	도체중	등지방두께	등심단면적	근내지방도
유전분산	BLUPf90	543.780	4.395	35.333	1.101
	MTG2.2	627.868	4.290	39.291	1.236
잔차분산	BLUPf90	1494.200	13.584	83.993	2.139
	MTG2.2	1420.762	13.609	80.442	2.019
유전력	BLUPf90	0.267	0.244	0.296	0.340
	MTG2.2	0.307	0.240	0.328	0.380
표준오차 (유전분산)	BLUPf90	60.904	0.529	3.822	0.116
	MTG2.2	74.471	0.564	4.541	0.139
표준오차 (잔차분산)	BLUPf90	49.168	0.431	3.042	0.091
	MTG2.2	61.902	0.480	3.751	0.113

Table 10. 한우 상업축 참조집단 모수(GBLUP, 유전체정보)

	소프트웨어	도체중	등지방두께	등심단면적	근내지방도
유전분산	BLUPf90	797.760	6.4684	41.752	1.5198
	MTG2.0	781.641	6.320	40.530	1.471
잔차분산	BLUPf90	1172.500	11.453	74.699	1.7242
	MTG2.0	1196.294	11.647	75.988	1.774
유전력	BLUPf90	0.405	0.361	0.359	0.468
	MTG2.0	0.395	0.352	0.348	0.453
표준오차 (유전분산)	BLUPf90	30.873	0.276	1.759	0.054
	MTG2.0	29.806	0.266	1.689	0.050
표준오차 (잔차분산)	BLUPf90	18.290	0.175	1.129	0.029
	MTG2.0	17.632	0.169	1.092	0.027

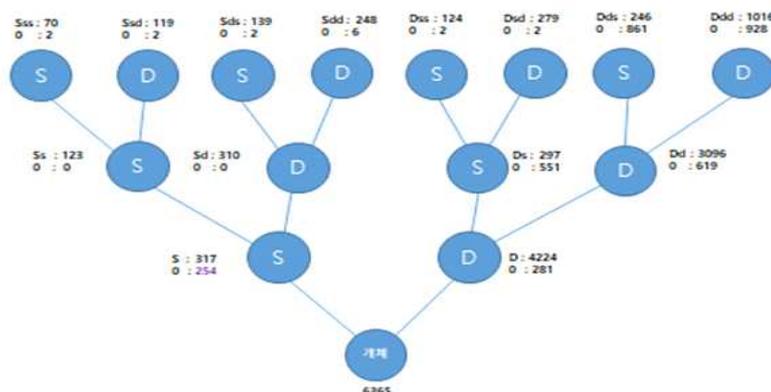
Table 11. 한우 상업축 참조집단 모수(ssGBLUP, 혈통+유전체정보)

	소프트웨어	도체중	등지방두께	등심단면적	근내지방도
유전분산	BLUPf90	799.820	6.512	42.002	1.519
	MTG2.2	821.175	6.652	42.707	1.541
잔차분산	BLUPf90	1178.600	11.491	74.894	1.739
	MTG2.2	1159.761	11.352	73.983	1.709
유전력	BLUPf90	0.404	0.362	0.359	0.466
	MTG2.2	0.415	0.370	0.366	0.474
표준오차 (유전분산)	BLUPf90	30.854	0.277	1.763	0.054
	MTG2.2	31.217	0.280	1.773	0.053
표준오차 (잔차분산)	BLUPf90	18.076	0.173	1.117	0.028
	MTG2.2	18.257	0.175	1.127	0.028

- 혈통 및 유전체 정보를 이용한 유전 모수값에 따른 암소 유전체 육종가의 변화 비교

현행, 암소 육종가는 혈통 및 유전체 정보를 이용하여 추정이 가능하다. 일부 농가에서는 비용절감을 위하여 혈통정보만을 이용한 PBLUP방법으로 암소의 능력을 평가하기를 원할 것이다. 본 연구에서는 혈통 및 유전체정보를 이용하여 모수값을 추정하고, 그 모수값을 근거로 두 방법(PBLUP, GBLUP)을 이용한 암소의 추정 육종가를 분석하였다. [그림]

- 한우 암소의 육종가 추정을 위해 분석에 이용된 상업축 참조집단은 2010년부터 2013년까지 출생하여 2017년부터 2019년까지 도축된 평균 30개월령 개체 총 18,361두를 이용하여 분석하였다.
- 상업축 참조집단의 고정효과로 사용한 요인은 생년월일, 도축년월일, 개월령을 사용했으며, 분석형질은 4가지 도체형질(도체중, 등지방두께, 등심단면적, 근내지방도)에 대하여 분석을 수행하였다.
- 참조집단(18,364두)를 이용하여 유전체 육종가를 평가하는 평가집단(test population)은 전국에 산재 되어 있는 암소 6,365두를 분석에 사용하였다.
- 유전모수 추정치의 변동성을 위해 혈통 기반의 PBLUP 방법과 유전체 정보를 기반으로 한 GBLUP 분석방법을 이용하여 암소의 추정 육종가(EBV)를 비교·분석하였다.
- 유전모수는 blupf90 family 프로그램의 하나인 airemlf90 프로그램을 이용해 추정하고 그 값을 모수 값으로 설정하였다.
- GBLUP 방법은 참조집단(표현형, 혈통 그리고 유전체 정보)을 이용해 유전체 정보가 갖는 마커효과를 평가한 후에, 마커효과의 총합을 하여 개체의 유전체 육종가를 평가하는 방법으로 알려져 있고, 유전체 정보를 이용하여 육종가를 평가할 때 매우 유용한 점은 기존 BLUP 방법에서 문제가 되는 혈통 오류문제를 해결하며 멘델리안 샘플링 오류를 제어할 수 있어 매우 유용한 방법임
- 참조집단의 정보를 이용해 평가집단의 능력을 추정할 때 혈통 정보를 이용해 연관 정도를 계산하기 때문에 혈통 구성이 매우 중요하며, 일반적으로 3세대 이상 혈통으로 연결되어 있어야 원활한 혈통 연결이 가능하기 때문에 참조집단과 평가집단의 혈통 구성도를 확인하였다.
- 혈통 정보는 종축개량협회([https://www.aiak.or.kr/ka\\_index.jsp](https://www.aiak.or.kr/ka_index.jsp))의 한우 개체정보조회를 이용하고 조회되지 않는 개체 혹은 조회 시 부모 정보가 없는 개체들은 0으로 표기함



< 그림 11. 한우 암소(N=6,365) 3세대 혈통 구성 >

0세대 혈통 구성 비율 : 100%  
 1세대 혈통 구성비율 : 96%  
 2세대 혈통 구성비율 : 89%  
 3세대 혈통 구성비율 : 82%



Table 12. 한우 상업축 참조집단(N=15,982) 기초통계량

Trait	Median	Mean	SD	Min	Max
CW	441	441.373	46.181	314	570
BFT	13	13.808	4.239	2	26
EMA	95	95.917	11.250	64	128
MS	6	5.915	1.833	2	9

- 추정된 모수 값은 4가지 형질에 대해 각각 유전분산, 환경분산 그리고 유전력을 추정했으며 유전력은 각각 0.27, 0.23, 0.30, 0.36으로 일반적으로 알려진 유전력보다 다소 낮게 추정됨

Table 13. 한우 상업축 참조집단 모수(혈통정보)

	도체중	등지방두께	등심단면적	근내지방도
유전분산	561.83	4.2388	36.596	1.2030
잔차분산	1473.5	13.589	82.940	2.0579
유전력	0.276	0.238	0.306	0.369
SE.G	66.353	0.531	4.167	0.135
SE.R	51.407	0.421	3.181	0.101

- 유전체 정보를 활용한 유전모수 추정은 blupf90 family 프로그램의 하나인 airemlf90 프로그램을 활용했으며, 유전력은 4가지 형질에 대해 각각 0.41, 0.35, 0.37, 0.46으로 통상적으로 알려진 연구 결과와 유전력이 유사하게 확인됨

Table 14. 한우 상업축 참조집단 모수(유전체정보)

	도체중	등지방두께	등심단면적	근내지방도
유전분산	814.19	6.3067	43.295	1.5013
잔차분산	1154.9	11.442	73.364	1.7273
유전력	0.413	0.355	0.371	0.465
SE.G	33.537	0.293	1.931	0.058
SE.R	19.940	0.191	1.230	0.031

- BLUP과 GBLUP 방법에 따른 암소의 추정 육종가(EBV)는 등지방두께를 제외한 도체중, 등심단면적, 근내지방도에서 혈통정보만을 이용한 BLUP 높게 나타났지만, 추정치인 육종가에 대한 정확도는 유전체 정보를 이용한 GBLUP 방법이 BLUP보다 약 21.7 ~ 24.1% 더 높게 나타남

Table 15. 유전모수 추정치 변동에 따른 한우 암소 추정육종가 및 정확도 평균

	도체중	등지방두께	등심단면적	근내지방도
혈통육종가	10.294	-0.454	3.027	0.496
유전체육종가	3.831	-0.169	1.166	0.190
혈통육종가 정확도	0.486	0.481	0.490	0.496
유전체육종가 정확도	0.721	0.702	0.707	0.737

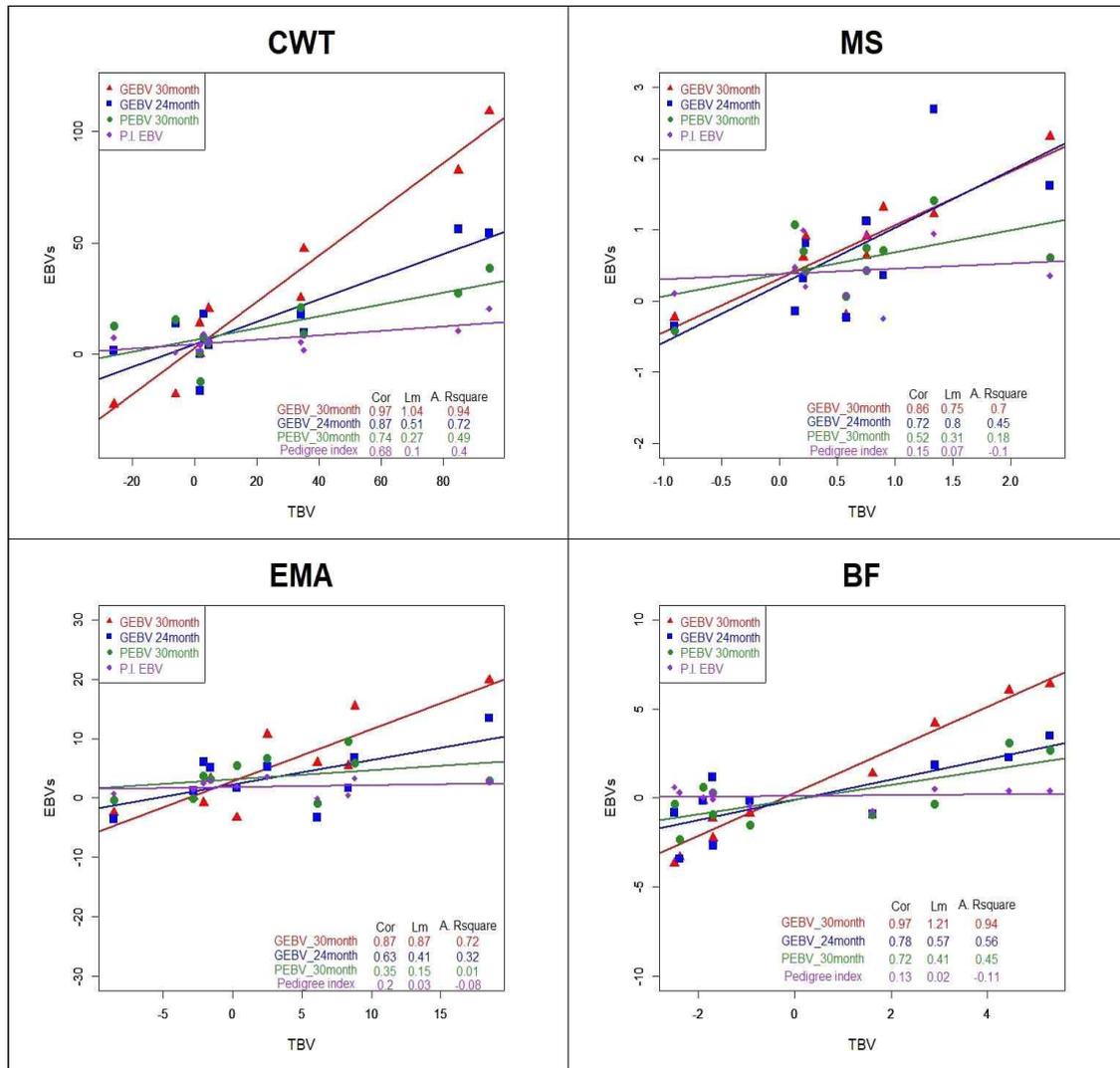
- 육종가 추정 방법론의 정확도 분석: 추정 육종가의 정확도가 99%인 KPN 보증씨수소를 표본으로 혈통지수(Pedigree Index), 혈통 BLUP(PBLUP), 그리고 유전체 BLUP(gBLUP)방법의 객관적인 정확도를 분석하였다.

- 유전능력 추정 방법 간 정확도 비교 분석을 위하여 두 가지 방법을 이용하여 3가지 평가 방법에 대한 정확도를 객관적으로 비교 분석하였다. 즉, 추정 육종가의 정확도는 개체의 추정 육종가에 대한 예측오차(Prediction error variance, PEV)를 이용하여 이론적 정확도를 계산하지만, 본 연구에서는 추정 육종가와 실제 육종가(True breeding value, TBV)간의 상관(correlation)으로 정확도를 분석하였다. 여기에서 참육종가는 추정 육종가의 정확도가 99%인 KPN bull 10두를 무작위로 선발하여 분석하였다. 즉 99%의 추정 육종가의 정확도는 KPN 씨수소의 후대가 100두를 넘는 개체들로 추정 육종가의 정확도가 100%에 가까운 개체들을 선발하여 표본으로 활용하였다.

참 육종가(True Breeding Value, TBV)은, 상업축 참조집단을 이용하여 검정집단 KPN 1,044의 혈통 육종가 추정하였으며, 그 중 예측 정확도 0.98 ~ 0.97 이상인 개체들 최상위 KPN 10두 선발하여 참육종가(TBV)로 설정

- 여기에서 추정 육종가의 추정방법은, 첫째 Pedigree Index법, Pedigree BLUP방법, 그리고 GBLUP 방법을 비교하였는데, GBLUP방법에서 참조집단은 두 개로, 현행 24개월령 참조집단인 한우 국가단위 후보씨수소 4,248두(약 24개월령)를 사용하였고, 둘째: 한우 상업축 참조집단 16,971두(약 30개월령)를 사용하였다. 따라서 총 4개의 방법을 비교 분석하였다. 여기에서 KPN 10두의 객관적인 정확도를 평가하기 위하여 KPN 10두의 1대 직계 후손의 혈통 및 표현형을 제거하고 육종가를 추정하였다. 그 추정 방법은 아래와 같다.
- (상업축-30개월령을 이용한 PBLUP, GBLUP 추정법) 선발된 KPN 10두의 1대 직계후손 2,840두(상업축 참조집단 16,971두에 포함된)를 제외한 참조집단 14,131두를 근거로 KPN 10두의 혈통 육종가 및 유전체 육종가를 재 추정하였다.
- (24개월령 참조집단을 이용한 GBLUP 추정법) 선발된 KPN 10두의 1대 직계 후손 91두 (24개월령 참조집단 4,248두에 포함된)를 제외한 참조집단 4,157두를 근거로 10두 KPN 유전체 육종가 추정함
- (Pedigree Index 추정법) 선발된 10두의 KPN의 혈통지수(Pedigree index, 아비KPN+외조부KPN+외증조부KPN) 육종가 추정 후 비교함
- 위의 방법으로 정확도를 상관 분석한 결과, 한우 후보씨수소를 참조집단(24개월령)으로 도체형질(도체중, 등지방두께, 등심단면적, 근내지방도)에 대해 유전체 육종가를 추정한 이론적 추정 육종가와 실제 참육종가는 각각 0.87, 0.78, 0.63, 0.72로 나타났다.
- 한우 상업축 집단(30개월령)을 이용한 경우, 도체형질(도체중, 등지방두께, 등심단면적, 근내지방도)에 대해 유전체 육종가를 추정한 이론적 추정 육종가와 실제 참육종가는 각각

0.97, 0.97, 0.87, 0.86로 나타나 두 참조집단에 따른 추정 육종가와 참육종가는 30개월령 상업축 참조집단이 보다 더 정확하게 육종가를 추정하는 것으로 나타났다.



< Figure 3. 선발된 KPN 10두의 도체형질에 대한 추정육종가와 참육종가의 상관관계 >

○ 한우 참조집단의 환류 주기에 대한 모의실험 : 최적 참조집단 설계

본 연구는, 한우 참조집단의 환류에 있어서 어떤 개체들이 참조집단으로 환류되어야 하는지에 대한 분석으로 현재 KPN 반형매 집단으로 구성된 개체들로 구성된 참조집단과 선발 집단간의 유전적 유사도에 따른 추정 육종가의 정확도를 분석함으로 한우암소 참조 집단 확장시 고려해야할 사항에 대한 연구를 수행하였습니다.

- 참조집단과 선발집단간의 유전적 유사도(genetic relatedness;  $r_g$ )에 따른 추정 육종가의 정확도 감소 비교 분석

- 참조집단과 평가집단의 relatedness에 따른 추정 육종가의 정확도를 알아보기 위해 유효 염색체 분절 크기를 이용한 relatedness를 알아보고 추정육종가의 정확도와 상관관계를 분석하였다.
- 유효 염색체 분절 크기(Number of chromosome segments)는 유전체 예측의 정확도를 평가하는 중요한 지표중 하나로 보고되고 있는 유전 모수값이다.
- 일반적으로 유효 염색체 분절 크기가 크면 선발집단의 추정 육종가의 정확도가 낮게 추정

된다고 알려져 있다. 이러한 이유는 개체에서 독립적으로 존재하는 염색체의 분절의 개수임으로 독립적인 염색체의 분절이 많을수록 개체와 개체의 혈연관계가 먼 특성을 갖기 때문입니다.

- \* 예시) 특정 개체의 유효 염색체의 분절 크기가 300이라면 300개에 해당하는 염색체 분절의 effect를 알아야 개체의 능력을 예측하는 것임
- 이는 비슷한 집단 혹은 개체끼리 비교하면 해당 염색체 분절의 크기가 작기 때문에 이를 이용해 개체의 연관 정도를 알아보는 척도로도 사용할 수 있는 유전모수입니다.
- 분석에 사용한 개체는 한우 상업축 12,678두의 개체를 이용하였고, 데이터 전처리 과정으로 SNP QC 의 조건은 hwe 0.0001, geno 0.1, maf 0.01을 적용해 최종적으로 41,320개의 SNP 정보를 활용하였다. 또한 개체들간의 공통선조 분석관련 유전 모수값인 IBD(Identical by Decent) 비율을 점검하여 동일개체 여부를 확인하였고, 혈연관계 정보를 이용한 주성분 분석을 통하여 동일개체 여부를 거쳐 혈연관계가 예외적으로 높거나 동일개체를 제거하고 최종 12,362두의 개체를 분석에 이용하였다.
- 데이터 분석은 참조집단과 마커 크기를 고려하여 다양한 분석 시나리오를 구성하여 데이터 분석을 수행하였다. 즉, 마커 크기에 따라 (5k, 15k, 50k)정보를 사용했으며 이때, 5k와 15k의 정보를 사용할 때 SNP LD pruning이 유효 염색체 분절 크기 추정에 영향을 미치는지 알아보기 위해 pruning 수행하였다. pruning 과정은 plink 프로그램을 이용해 진행했으며 사용한 옵션은 window size 500, step size 5,  $r^2$ 을 0.3으로 설정했다. 따라서 마커 밀도는 5k, 5k\_p, 15k, 15k\_p, 50k로 구성되어 있으며 참조집단의 크기는 무작위로 선택해 1000, 3000, 6000, 8000으로 구성하였다.
- 유효 염색체 분절 크기의 계산은 사용하는 집단의 LD 구조와 유효 집단 크기( $N_e$ )에 영향을 받으며, 유전체 정보를 활용하면 genetic relationship matrix(GRM) 분산의 역수로 근사치를 계산할 수 있으므로 본 연구에서 GRM의 역수로 유전체 분절 크기를 계산하였다.
- 본 데이터를 이용하여 개체의 유전체 혈연관계 행렬(GRM)은 gcta 소프트웨어를 이용하여 계산하였으며 참조집단과 평가 집단의 분산 값은 python script를 자체 제작하여 분석에 이용하였다.
- GRM은 다음과 같은 공식을 이용하여 계산하였다. 아래의 공식은 통계학의 상관계수(correlation coefficient)를 계산하는 공식과 매우 유사한 공식으로 분자는 두 SNP 좌위의 편차의 곱이고, 분모는 SNP좌위의 분산(variance)값이다.

$$A_{jk} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(x_{ij} - 2p_i)(x_{ik} - 2p_i)'}{2p_i(1 - p_i)}$$

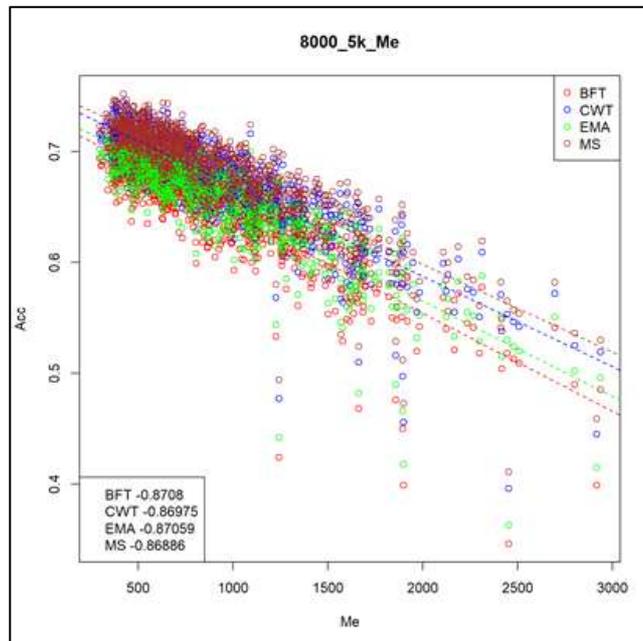
- 유효 염색체 분절 크기( $M_e$ )는 다음과 같은 공식을 이용하여 계산하였다. 즉, 위의 개체와 개체간의 유전체 혈연관계 행렬값의 분산값으로 나누어 계산하였다.

$$M_e = 1/\text{var}(A_{ij})$$

- 분석 결과, 한우 집단의 유효 염색체 분절 크기는 분석한 참조집단의 크기보다 마커 밀도에 영향을 더 받는 것으로 확인되었고, 참조집단의 크기가 커질수록 유효 염색체 분절 크기가 커지고, 또한 같은 마커 밀도를 사용하더라도 pruning을 한 결과에서 유효 염색체 분절 크기가 더 크게 나오는 것을 확인하였다.

Table 16. 참조집단과 마커 밀도에 따른 평균 유효 염색체 분절 크기

	1,000	3,000	6,000	8,000
5kp	873.10	862.39	857.47	858.00
5kp	904.54	890.57	886.15	886.44
15k	1020.55	1004.98	997.95	998.05
15kp	1064.42	1045.46	1037.44	1037.81
50k	1079.37	1076.15	1075.13	1074.61



< Figure 4. 5k 마커 밀도와 참조집단 8000을 사용했을 때의 유효 염색체 분절크기와 4가지 경제형질의 추정육종가 정확도의 상관 >

- 추정 육종가의 정확도는 도체형질에서 유효 염색체 분절 크기가 증가하면서 정확도가 감소하는 경향이 나타나는 것을 확인하였다.
- 정확도와의 상관은 근내지방도에서  $-0.86$ 으로 가장 낮고, 등지방두께가  $-0.87$ 로 가장 높게 확인되었으며, 형질들간의 차이는 크지 않았다.
- 결론적으로, 참조집단과 평가 집단간의 유전체 혈연관계가 높을수록 염색체 분절 크기의 수가 감소하여 추정 육종가의 정확도는 증가하는 것으로 분석되었고, 참조집단과 평가 집단간의 유전체 혈연관계가 낮을수록 유전체 분절의 수가 증가하여 추정 육종가의 정확도는 낮아진다. 따라서, 참조집단은 현재 한우 KPN 씨수소들의 반형매 거세우 혹은 암소의 정보가 많이 추가되면 될수록 평가집단의 개체들의 추정 육종가가 정확해질 것으로 판단됩니다.

- KPN 씨수소 가계 구성 및 가계 구성에 따른 추정 육종가의 변동, 정확성 검정

- <공시재료> 한우 거세우 집단 545,483두의 표현형과 혈통 자료를 참조집단으로 이용하였으며, 거세우 100두를 검정 집단으로 이용
- <QC> GS 분석을 위한 SNP quality control 수행
- Half-sib과 자손수의 다양성에 따른 추정 육종가 정확도 확인하기 위해 참조집단은 10,000두로 고정하며, KPN 10, 50, 100, 200두를 포함한 참조집단 구성

- 참조집단 및 자손의 규모에 따른 추정 육종가를 위해 KPN 200두를 포함한 2000, 10,000, 20,000두의 참조집단 구성하며, 각 집단의 자손 수 10, 50, 100두 이용하였으며, 각 참조집단의 자손 수 1000, 200, 100, 50두를 이용
- ASReml을 이용하며, 예측 에러 분산(predicted error variance, PEV)와 유전체 육종가와 표현형의 상관을 활용하여 추정 육종가의 정확도 확인

$$Accuracy_{PEV} = \sqrt{1 - \frac{se^2}{\sigma_g^2}}$$

$$Accuracy_{corr} = cor(GEBV, Y)$$

- 각 시나리오에 대한 분석은 5-겹 교차검증(5-fold cross validation)함
- 참조집단 내 KPN 수에 따른 도체 형질의 추정 모수를 비교하였을 때 KPN수가 증가함에 따라 유전력이 높아지는 경향을 보임
- 등지방두께, 등심단면적, 근내지방도는 KPN 50두를 포함한 집단에서 가장 높은 유전력(0.166, 0.164, 0.229)을 보였지만 도체중의 유전력은 KPN 100두를 포함한 집단에서 가장 높은 유전력(0.169)을 보임

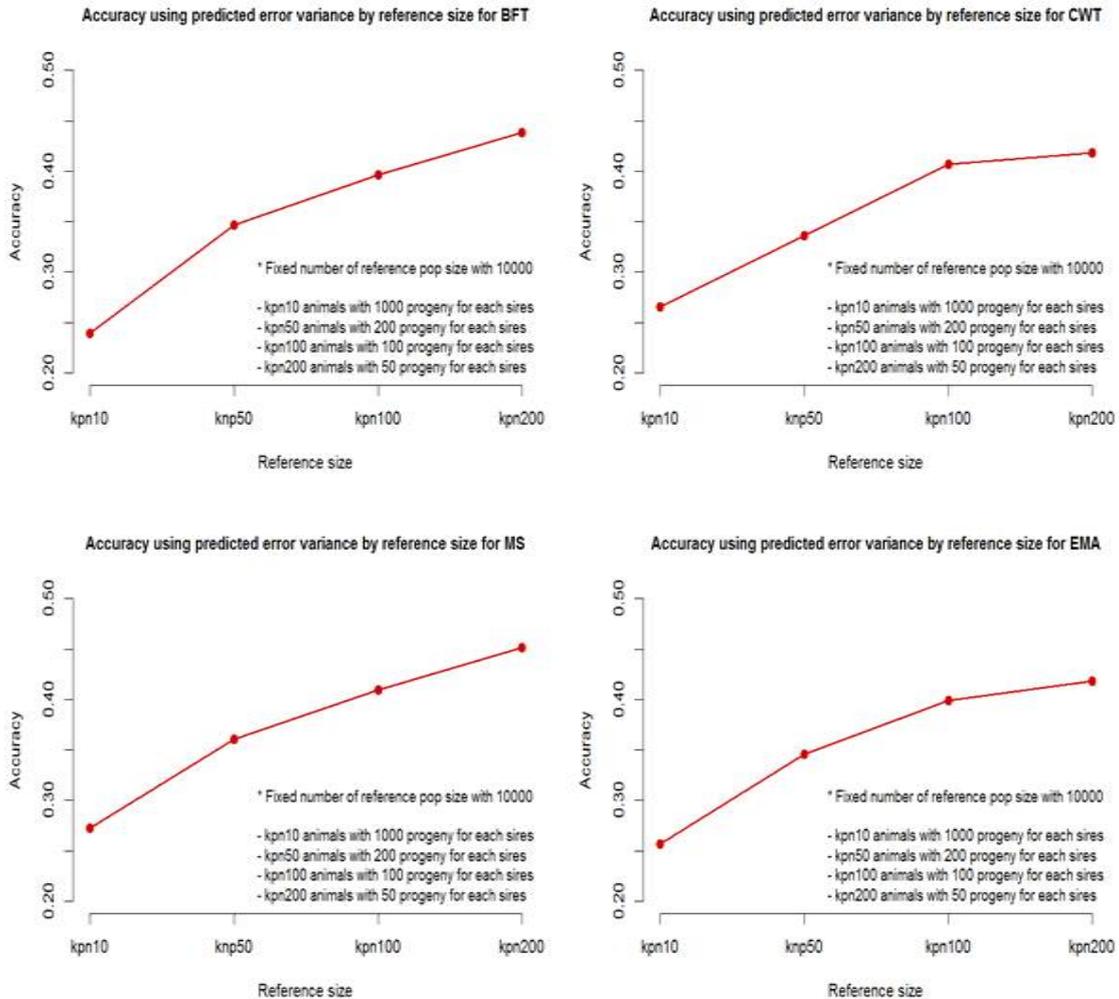
Table 17. 도체형질에 대한 모수

형질	모수	KPN(n=10)	KPN(n=50)	KPN(n=100)	KPN(n=200)
등지방두께	유전분산	2.061	3.291	2.768	3.368
	환경분산	18.177	16.587	17.046	16.517
	표현형분산	20.238	19.878	19.814	19.884
	유전력	0.102	0.166	0.140	0.169
도체중	유전분산	265.942	232.866	295.598	215.961
	환경분산	1477.86	1506.86	1454.08	1519.70
	표현형분산	1743.80	1739.72	1749.68	1735.66
	유전력	0.153	0.134	0.169	0.124
등심단면적	유전분산	11.96	14.52	13.40	11.09
	환경분산	76.85	74.21	78.17	77.93
	표현형분산	88.80	88.72	91.56	89.02
	유전력	0.135	0.164	0.146	0.125
근내지방도	유전분산	0.587	0.794	0.601	0.717
	환경분산	2.842	2.668	2.755	2.707
	표현형분산	3.429	3.462	3.357	3.424
	유전력	0.171	0.229	0.179	0.209

- 예측 오차 분산을 이용한 추정 육종가의 정확도는 참조집단의 규모가 증가함에 따라 4가지 형질에 대하여 평균 8.90%, 5.55%, 2.88%만큼 향상되었으며, KPN 200두 포함 집단에서 가장 높은 정확도를 나타냄 (4.39%, 4.18%, 4.18%, 4.51%)

Table 18. PEV를 이용한 각 참조(reference) 집단의 추정 육종가 정확도

	KPN(n=10)	KPN(n=50)	KPN(n=100)	KPN(n=200)
BFT	0.239	0.346	0.397	0.439
CW	0.265	0.336	0.406	0.418
EMA	0.257	0.346	0.399	0.418
MS	0.272	0.361	0.409	0.451

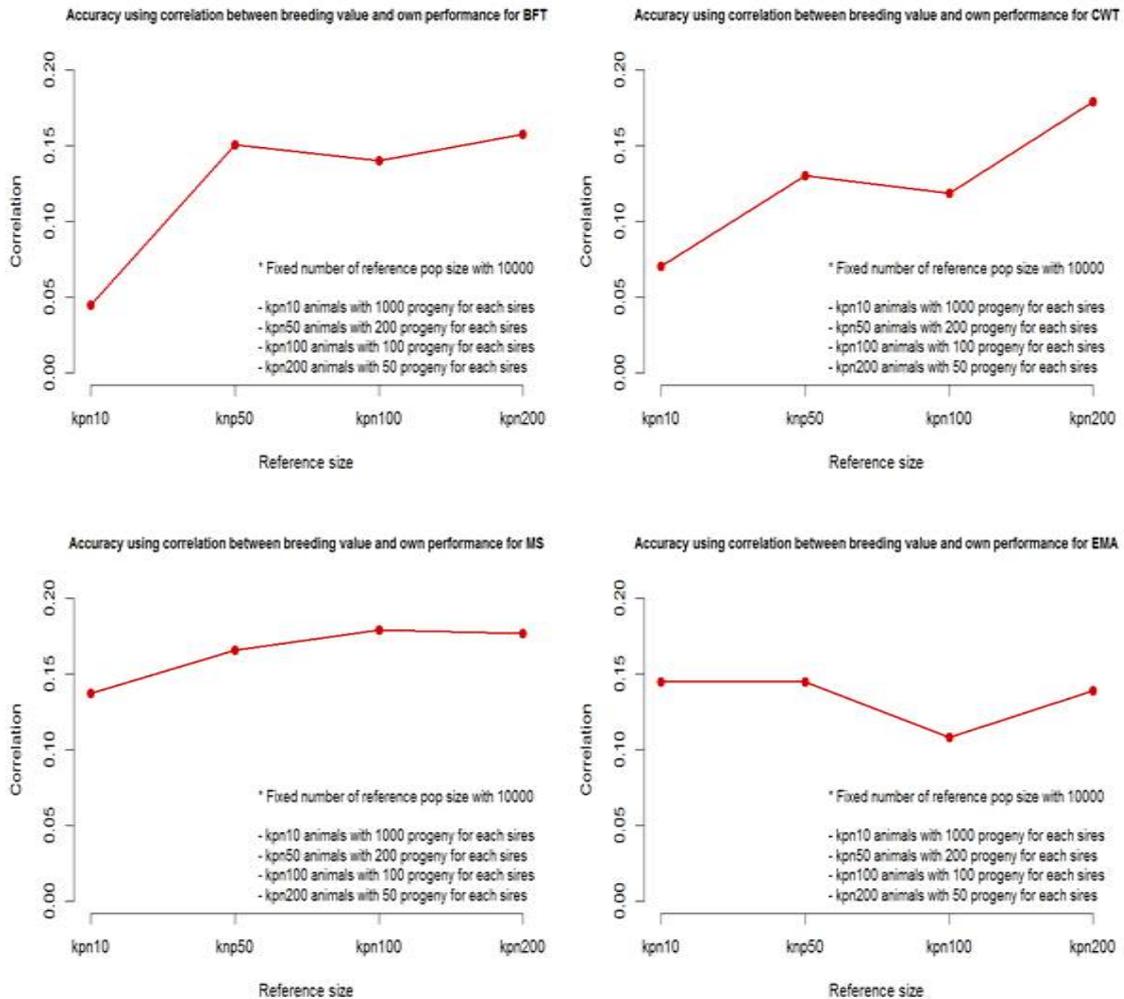


< Figure 5. PEV를 이용한 각 reference 집단의 추정 육종가 정확도 >

- 예측 에러분산을 이용한 추정 육종가의 정확도는 참조집단의 규모가 증가함에 따라 4가지 형질에 대하여 평균 14%, 4.4%만큼 향상됨
- 참조집단의 규모와 상관없이 등지방두께에 대한 정확도는 가장 낮으며(26.50%), 근내지방도에 대한 정확도는 가장 높음(50.60%)
- reference 집단 내 KPN 수가 증가수록 도체중, 등지방두께, 등심단면적에서 전반적으로 증가하는 경향을 보였으나 KPN 100두 포함 집단에서 급격히 하락하는 경향을 보임
- 도체중과 등지방두께는 KPN 200두 포함 시 가장 높은 정확도(0.179, 0.157)를 보였으며, 등심단면적의 정확도(0.145)는 KPN 100두 이하 포함 시 가장 높음
- 근내지방도의 정확도는 KPN수가 증가할수록 향상되는 경향을 보였고, KPN 100두 포함 집단에서 가장 높은 정확도(0.179)를 보임

Table 19. 가계 규모에 따른 추정 육종가와 own performance의 상관을 이용한 정확도 비교

	KPN 10	KPN 50	KPN 100	KPN 200
BFT	0.045	0.151	0.140	0.157
CW	0.070	0.130	0.119	0.179
EMA	0.145	0.145	0.108	0.139
MS	0.137	0.166	0.179	0.177

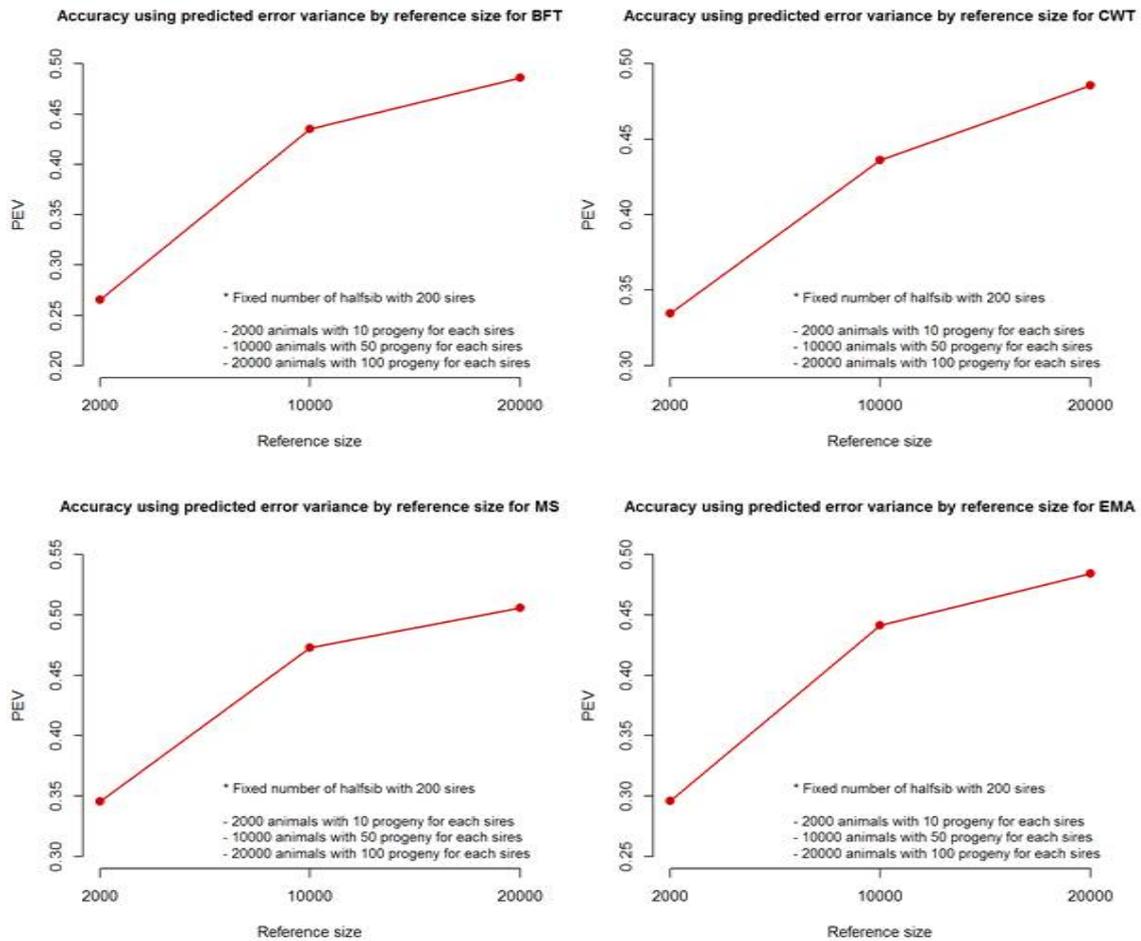


< Figure 6. PEV를 이용한 가계 규모에 따른 추정 육종가와 own performance의 상관을 이용한 정확도 비교 >

- 예측 에러분산을 이용한 추정 육종가의 정확도는 참조집단의 규모가 증가함에 따라 4가지 형질에 대하여 평균 14%, 4.4%만큼 향상됨
- 참조집단의 규모와 상관없이 등지방두께에 대한 정확도는 가장 낮으며(26.50%), 근내지방도에 대한 정확도는 가장 높음(50.60%)

Table 20. 참조집단 및 자손 규모에 따른 각 참조(reference) 집단의 추정 육종가 정확도

	2,000 size	10,000 size	20,000 size
BFT	0.265	0.435	0.486
CW	0.334	0.436	0.486
EMA	0.296	0.442	0.484
MS	0.345	0.473	0.506

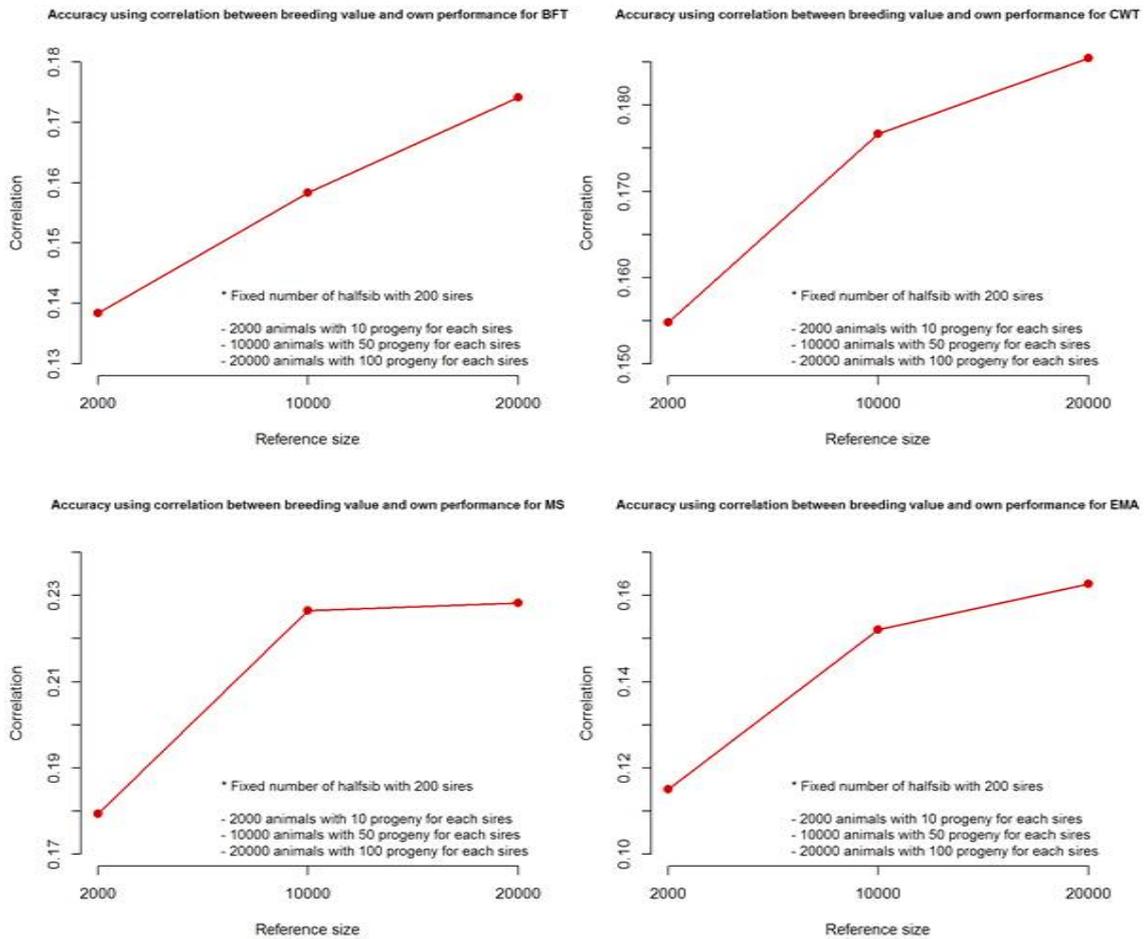


< Figure 7. 참조집단 및 자손 규모에 따른 각 reference 집단의 추정 육종가 정확도 >

- 추정 육종가와 자신의 표현형의 상관을 이용한 추정 육종가의 정확도는 참조집단의 규모가 증가함에 따라 4가지 형질에 대하여 평균 3.15%, 0.93%만큼 향상됨
- 참조집단의 규모와 상관없이 등심단면적에 대한 유전 평가의 정확도가 가장 낮으며 (11.50%), 근내지방도에 대한 정확도가 가장 높음(22.80%)

Table 21. 참조집단 및 자손 규모에 따른 추정 육종가와 own performance 상관 이용한 정확도 비교

	2,000 size	10,000 size	20,000 size
BFT	0.138	0.158	0.174
CW	0.155	0.177	0.185
EMA	0.115	0.152	0.163
MS	0.179	0.226	0.228



< Figure 8. 참조집단 및 자손 규모에 따른 추정 육종가와 own performance 상관을 이용한 정확도 비교 >

- 한우 도체형질 연관 양적 형질좌위(QTN)정보를 재구성한 일배체형을 이용한 우량 한우 암소 선발 방법 개발

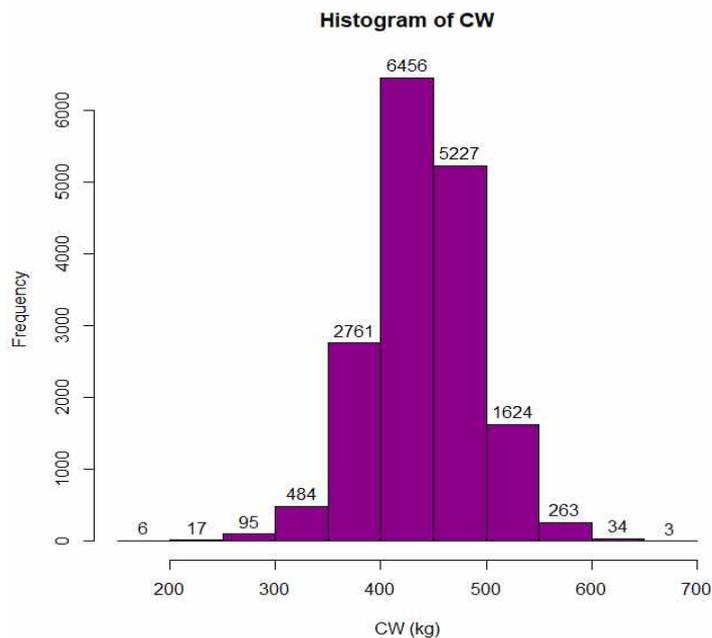
본 연구는 한우 참조집단에서 전장 유전체 연관분석(genome wide association, GWAS)에서 검출된 통계적으로 유의한 유전체 영역에 위치하는 SNP들의 일배체형으로 우량암소를 빠르게 평가하여 선발할 수 있는 방법을 개발하기 위하여 유전체 연관분석을 수행하였고, 유의한 SNP를 이용하여 일배체형을 구성하여 우량암소 선발 방법을 개발하였다.

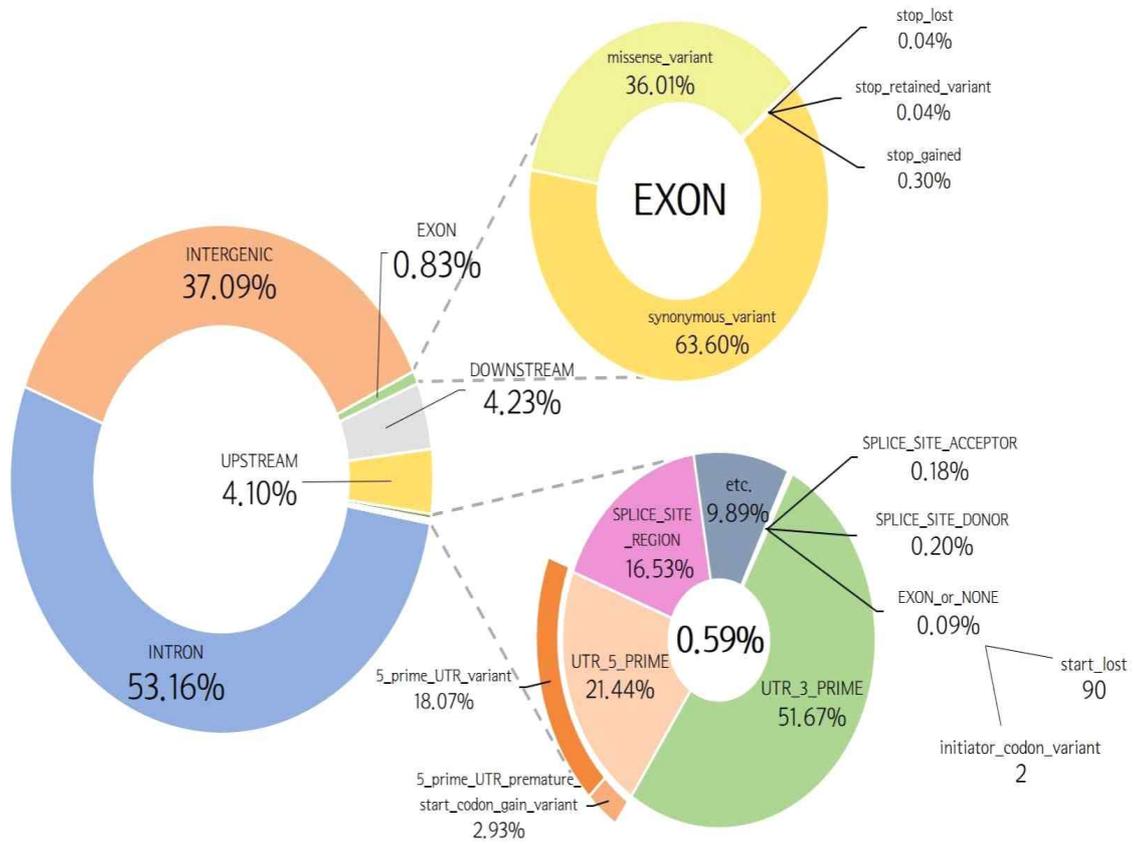
- 한우 도체중의 원인 유전변이(causal mutation)를 검출하기 위한 Genome Region-Specific GWAS 수행함
- <공시자료> 한우 상업축 집단(N=16,970)에 대한 47,450개 SNPs
- <Imputation> Illumina bovine 50K Chip(N=16,970) → 777K HD Chip(N=1,295) → NGS(N=203) imputation 수행
- Eagle (v2.4.1) 및 Minimac3 (v2.0.1) 소프트웨어를 이용하여 phasing 및 imputation 수행
- <QC> GWAS 분석을 위한 Imputed SNPs quality control 수행
- Option: maf 0.001, hwe 0.0001, geno 0.1
- <Liftover> UMD3.1 reference genome(09년)으로 mapping된 유전체 정보를 ARS-UCD1.2 reference genome(18년) 기준으로 변환
- Picard 소프트웨어 및 UCSC chain file을 이용

- Total 한우 16,970두 10,443,247개의 SNPs Set 구축
- <Annotation> 구축된 variant annotation 및 effect prediction 수행
- SnpEff (v4.3) 소프트웨어 이용
- missense variant(amino acid changes) 28,144개의 SNPs 색출
- <GWAS> Genome Region-Specific(missense variant) GWAS 수행
- mixed linear model을 이용한 도체중 candidate SNPs 탐색
- GCTA (v1.93.0) 소프트웨어 이용
- 한우 도체중의 원인 유전변이(causal mutation)의 일배체형(haplotype)을 이용한 우량 한우 암소 선발 방법 개발
- <공시재료> 한우 상업축 집단(N=16,970)의 도체중 연관 8개 유전자 및 표현형
- <Haplotype> phasing을 이용한 일배체형 추정
- 총 90개의 haplotype 구축
- <Regression> 표현형(도체중)과 90개의 haplotype 회귀분석 수행
- Coefficient 및 p-value 기준 상위 10개 haplotype 선별
- <Bayes> Bayesian theory을 이용한 10개 일배체형과 표현형(도체중) 확률 계산

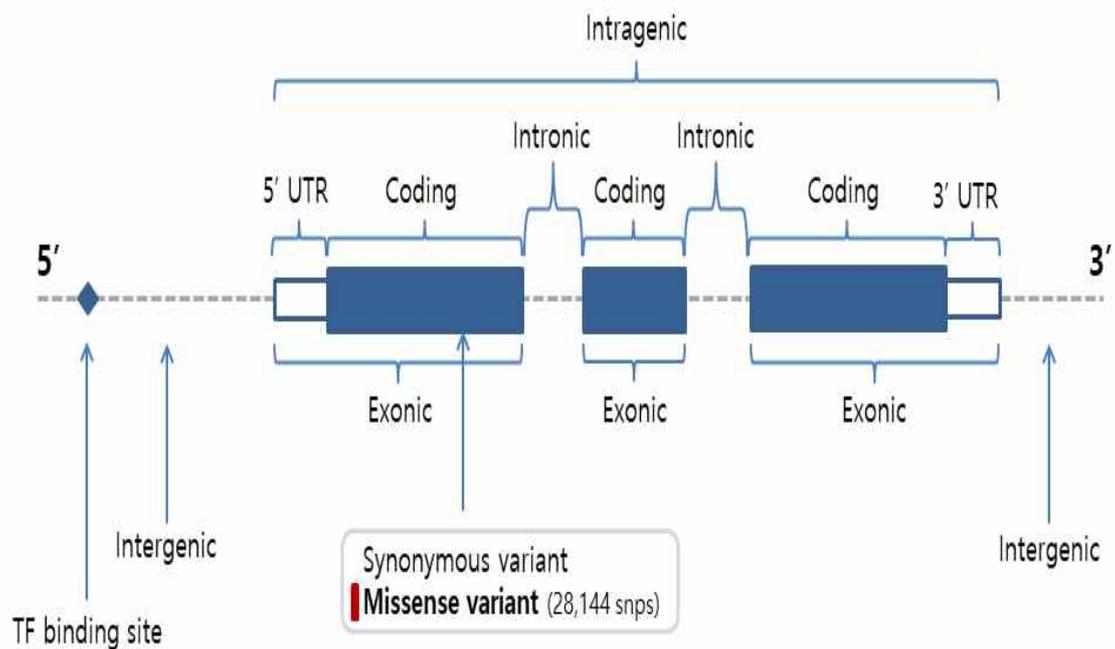
Trait	N	Median	Mean	SD	Min	Max	CV
CW (kg)	16,970	441.0	441.2	50.9	159	692	11.5

\* CW, carcass weight

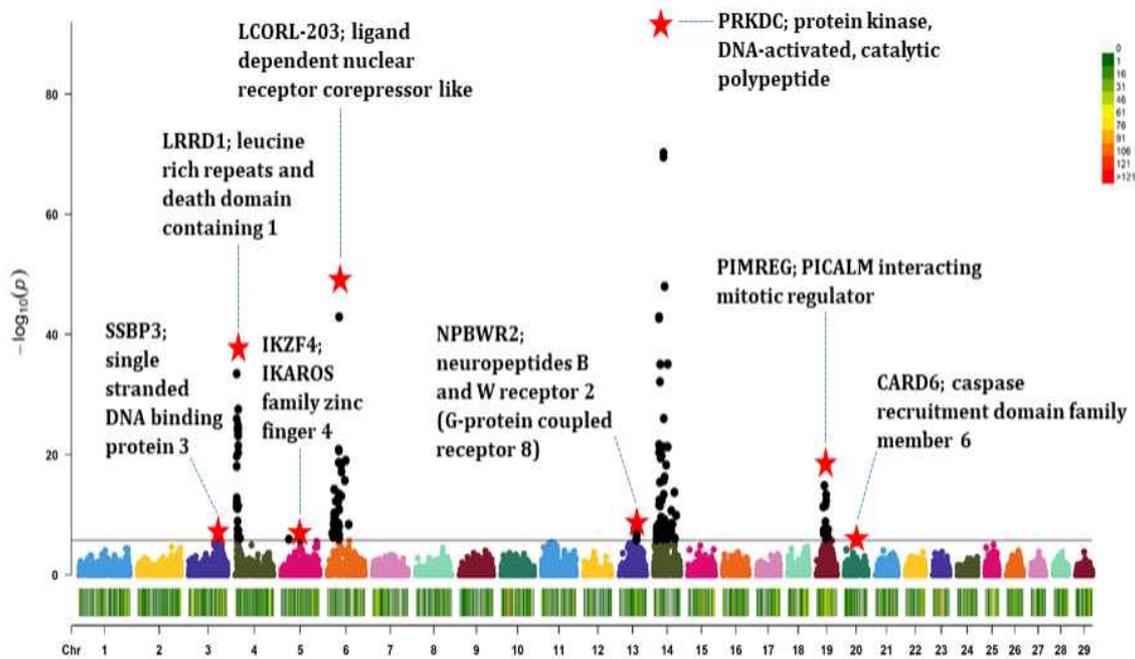




< Figure 9. 한우 16,970두 유전변이 effect에 따른 분포(sequence level) >



< Figure 9. 유전체(genome) 내 missense variant(amino acid changes)위치 >



< Figure 10. 도체중(CW)에 대한 Genome region-specific(missense) GWAS 결과 >

- 도체중 원인 돌연변이로 추정되는 8개의 유전변이를 이용하여 Haplotype을 추정 한 결과, 총 90개의 Haplotype이 탐색되었고, 이들 일배체형은 통계적으로 도체중과 매우 유의한 결과를 보였습니다. 이들 일배체형은 한우 씨수소의 정액이 가지고 있는 일배체로서 일배체 조합을 자손에게 전달할 때 어떠한 도체중 성적을 낼 수 있는지 예측할 수 있는 중요한 정보라고 판단됩니다.

Table 22. 일배체 조합을 이용한 예측 정보

No.	Haplotype	Coefficient	P-value
hap23	GTGTGTTT	39.57809823	3.32E-76
hap72	ATGTGTTT	54.51056606	7.45E-56
hap8	GTGCGCTT	-8.272444129	1.79E-48
hap24	GTGTGTTC	32.85713923	2.08E-41
hap2	GTGCACTC	-20.48310388	6.92E-29
hap12	GTGCGTTT	12.7362418	1.45E-23
hap9	GTGCGCTC	-9.057926257	2.38E-22
hap44	GCGCGCTT	7.123984319	1.61E-13
hap70	ATGTGCTT	19.78477222	5.03E-11
hap1	GTGCACTT	-7.126069378	1.60E-09
hap20	GTGTGCTT	7.594724394	7.65E-09
hap26	GTCCACTC	-22.21130501	9.17E-08
hap29	GTCCGCTT	-9.333177408	5.74E-07
hap67	ATGCGTTT	17.10632546	5.78E-07
hap46	GCGCGCCT	10.94181277	1.36E-06
hap19	GTGTATTT	58.89633801	5.51E-06
hap50	GCGCGTCT	76.56576228	7.95E-06
hap48	GCGCGTTT	18.42275118	8.19E-05
hap54	GCGTGTTT	58.22794253	0.000146298
hap56	GCCCACTC	-177.8298111	0.000244258
hap13	GTGCGTTC	5.509885467	0.000360227
hap89	ACGTGCTT	46.1770782	0.000367185

hap25	GTCCACTT	-14.27538211	0.000433781
hap39	GCGCACTC	-8.360701785	0.000474984
hap22	GTGTGCCT	48.94178288	0.000816295
hap52	GCGTGCTT	32.86246089	0.001159236
hap68	ATGCGTTC	16.35749232	0.00124856
hap85	ACGCGCTC	12.01706047	0.001388965
hap71	ATGTGCTC	49.73990287	0.002089961
hap37	GTCTGTTC	-144.9105276	0.002799283
hap49	GCGCGTTC	20.23101777	0.003535547
hap28	GTCCATTT	37.11778984	0.008020998
hap84	ACGCGCTT	25.39225551	0.016458651
hap82	ACGCACTT	23.14558482	0.017068436
hap10	GTGCGCCT	3.889423228	0.019174486
hap15	GTGCGTCC	39.52839803	0.021139605
hap43	GCGCATTC	62.01762674	0.026735244
hap18	GTGTACCT	38.01183098	0.038091349
hap3	GTGCACCT	-5.104737775	0.038588641
hap7	GTGCATCT	35.90589916	0.05011742
hap4	GTGCACCC	-5.027160526	0.095234484
hap38	GCGCACTT	2.882510741	0.103877681
hap62	ATGCATTT	77.81072586	0.108539366
hap77	ATCCGCTC	-44.04661583	0.115636833
hap75	ATCCACTC	-23.37286833	0.127517668
hap53	GCGTGCTC	16.28309202	0.143452943
hap41	GCGCACCC	14.44258897	0.16263936
hap30	GTCCGCTC	-10.80817912	0.175588815
hap5	GTGCATTT	7.32914798	0.194459556
hap90	ACGTGTTT	44.45790163	0.194749347
hap55	GCCCACTT	-61.11794119	0.20748998
hap21	GTGTGCTC	-4.950154433	0.232136778
hap86	ACGCGCCT	40.39744803	0.238707073
hap35	GTCTGCCT	32.65532762	0.24343827
hap34	GTCTGCTT	11.9081209	0.249642928
hap33	GTCCGTTT	15.98789563	0.25351257
hap32	GTCCGCCC	-23.61950509	0.276101484
hap60	ATGCACTC	-3.652979051	0.298015565
hap81	ATCTGCCT	46.54995657	0.337036279
hap6	GTGCATTC	11.19753802	0.341236959
hap45	GCGCGCTC	1.400395639	0.357537983
hap14	GTGCGTCT	19.49852815	0.36860393
hap51	GCGTACTT	12.07891446	0.388317989
hap76	ATCCGCTT	-4.342869252	0.410102519
hap83	ACGCACTC	28.13198692	0.411940381
hap47	GCGCGCCC	-7.434233923	0.425990275
hap27	GTCCACCT	-8.833558693	0.439794435
hap36	GTCTGTTT	36.54129331	0.451079298
hap74	ATCCACTT	-6.698337489	0.498845509
hap16	GTGTACTT	4.012233066	0.54377625
hap11	GTGCGCCC	4.089095621	0.563691562
hap65	ATGCGCTC	3.613274168	0.581108488
hap40	GCGCACCT	11.75445955	0.587816662
hap61	ATGCACCT	-24.51293482	0.613175935
hap79	ATCCGCCC	-23.41551312	0.629158023
hap78	ATCCGCCT	-5.194925231	0.658827122

hap69	ATGTA CTT	-11.20626219	0.688952997
hap42	GCGCATTT	12.16747746	0.722688608
hap66	ATGCGCCT	-17.01225016	0.725698373
hap58	GCCCGTTC	11.95931461	0.727241954
hap31	GTCCGCCT	2.478995849	0.749785365
hap63	ATGCATTC	-10.61666488	0.756836393
hap80	ATCCGTTT	2.441070446	0.759678532
hap87	ACGCGCCC	-12.62478866	0.794579915
hap88	ACGTA CTT	12.53732058	0.795971581
hap17	GTGTA CTC	1.898689118	0.896698485
hap64	ATGCGCTT	-0.188068905	0.912065512
hap57	GCCCGCTT	0.91740377	0.92932967
hap73	ATGTGTTC	-1.425915945	0.976539651
hap59	ATGCA CTT	0.069094774	0.993574283

- Coefficient 값이 상대적으로 높고 p-value 값이 유의적인 Haplotype 최종 선정하였다. 즉 위의 총 90개의 일배체형 중에 일배체형의 효과가 가장 높은 9개의 일배체형을 선발하였다. 아래 표에서 hap50 (일배체형 GCGCGTCT)형을 갖는 개체는 그렇지 않은 개체보다 도체중이 76kg 더 큰 것으로 분석되었다. 즉 이러한 도체중의 효과를 근거로 높은 순서대로 총 9개의 일배체형을 선발하였다.

Table 23. 도체중 증가와 연관된 haplotype 상위 10개

No.	Haplotype	Coefficient	P-value
hap50	GCGCGTCT	76.566	0.00001
hap43	GCGCATTC	62.018	0.02674
hap19	GTGTATTT	58.896	0.00001
hap54	GCGTGTTT	58.228	0.00015
hap72	ATGTGTTT	54.511	7.45E-56
hap71	ATGTGCTC	49.740	0.00209
hap22	GTGTGCCT	48.942	0.00082
hap89	ACGTGCTT	46.177	0.00037
hap23	GTGTGTTT	39.578	3.32E-76
hap15	GTGCGTCC	39.528	0.02114

- 이들 일배체형을 갖는 개체들이 도체중 표현형에 어느 정도 영향을 미치는지 베이지안 통계를 이용하여 그 확률을 계산하였다. 그 결과, 아래 표에서 보는바와 같이 hap50의 경우 그 후대의 체중이 401~500kg에 속하는 개체는 3마리였고, 501~600kg에 속하는 개체는 5마리였다. Hap72의 경우, 400~500kg에 속하는 개체가 96마리, 501~600kg에 속하는 개체가 87마리, 그리고 심지어는 600kg에 해당하는 개체들도 6마리로 나타났다. 이러한 일배체(Hap)의 조합을 씨수소에서 조기에 검출하여 개량에 활용할 수 있다면 후대의 체중을 예측하는 선발 마커(selective marker)로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 24. 도체중에 따른 대한 상위 10개 haplotype 빈도

No.	<300 (kg)	300~400 (kg)	401~500 (kg)	501~600 (kg)	600 (kg)<	sum
hap50	0	0	3	5	0	8
hap43	0	0	2	1	0	3
hap19	0	0	6	8	0	14
hap54	0	0	6	4	0	10
hap72	2	6	96	87	6	197
hap71	0	0	7	1	1	9
hap22	0	0	9	2	0	11
hap89	0	1	7	6	0	14
hap23	0	23	317	171	8	519
hap15	0	1	4	2	1	8
sum	2	31	457	287	16	

- 아래의 표는 각 일배체형을 갖는 개체의 도체중 표현형의 분포에 대한 확률값을 계산하였다. 확률값은 베이지언 통계를 이용하여 계산하였다. 즉 hap50을 갖는 개체는 표현형 501~600kg을 보일 확률이 1.7%로 나타났다. 그리고 KPN 씨수소가 hap72의 일배체형을 갖는 경우 그 후대의 도체중 표현형 600kg 이상이 나올 확률이 약 37.5%임을 보여준다. KPN 씨수소가 hap23의 일배체형을 갖는 경우 그 후대의 도체중 표현형의 분포는 401~500kg이 나올 확률이 69.4%, 그리고 501~600kg이 나올 확률이 59%로 분석되었다. 이러한 확률값을 기준으로 KPN 정액에서 이들 일배체형을 정확하게 검정하여 그 정보를 제공해 줄 수 있다면, 농가에서 이들 정보를 교배계획에 활용하여 후대의 도체중 표현형의 예측력이 높아질 것으로 판단됩니다.

Table 25. 도체중에 따른 대한 상위 10개 haplotype 확률

No.	< 300 (kg)	300~400 (kg)	401~500 (kg)	501~600 (kg)	600 (kg) <
hap50	0.000	0.000	0.007	0.017	0.000
hap43	0.000	0.000	0.004	0.003	0.000
hap19	0.000	0.000	0.013	0.028	0.000
hap54	0.000	0.000	0.013	0.014	0.000
hap72	1.000	0.194	0.210	0.303	0.375
hap71	0.000	0.000	0.015	0.003	0.063
hap22	0.000	0.000	0.020	0.007	0.000
hap89	0.000	0.032	0.015	0.021	0.000
hap23	0.000	0.742	0.694	0.596	0.500
hap15	0.000	0.032	0.009	0.007	0.063

Table 26. 상위 10개 Haplotype에 따른 도체중 확률

No.	< 300 (kg)	300~400 (kg)	401~500 (kg)	501~600 (kg)	600 (kg) <
hap50	0.0	0.0	37.5	62.5	0.0
hap43	0.0	0.0	66.7	33.3	0.0
hap19	0.0	0.0	42.9	57.1	0.0
hap54	0.0	0.0	60.0	40.0	0.0
hap72	1.0	3.0	48.7	44.2	3.0
hap71	0.0	0.0	77.8	11.1	11.1
hap22	0.0	0.0	81.8	18.2	0.0
hap89	0.0	7.1	50.0	42.9	0.0
hap23	0.0	4.4	61.1	32.9	1.5
hap15	0.0	12.5	50.0	25.0	12.5

○ 출하시기별(Age Class) 유전체육종가 추정 체계 구축

본 연구는 한우 거세우 출하시기가 24개월령에서 35개월령까지 매우 다양한 기간을 형성하고 있어서 이들 출하시기에 따른 한우 거세우의 경제적 이득을 계산해 보면 28개월이 가장 최적 maximum profit을 주는 기준으로 참조집단을 기준으로 27~28개월령, 그리고 29~32개월령에서 최적 개체의 육종가를 추정하는 모델을 설정하는 연구입니다. 즉 시기별로 한우의 유전모수를 추정하고 육종가를 추정하는 모델을 설정한 연구입니다.

- 출하시기별 도체형질에 대한 유전체 육종가 추정 모델 개발

- 출하시기별 도체형질에 대한 유전체 육종가를 추정하기 위해 국가 단위(24개월령) 한우 1,266두와 2013년부터 2022년까지 출하된 25~36개월령 상업축 한우 26,050두 총 27,316두를 분석에 이용하였다.

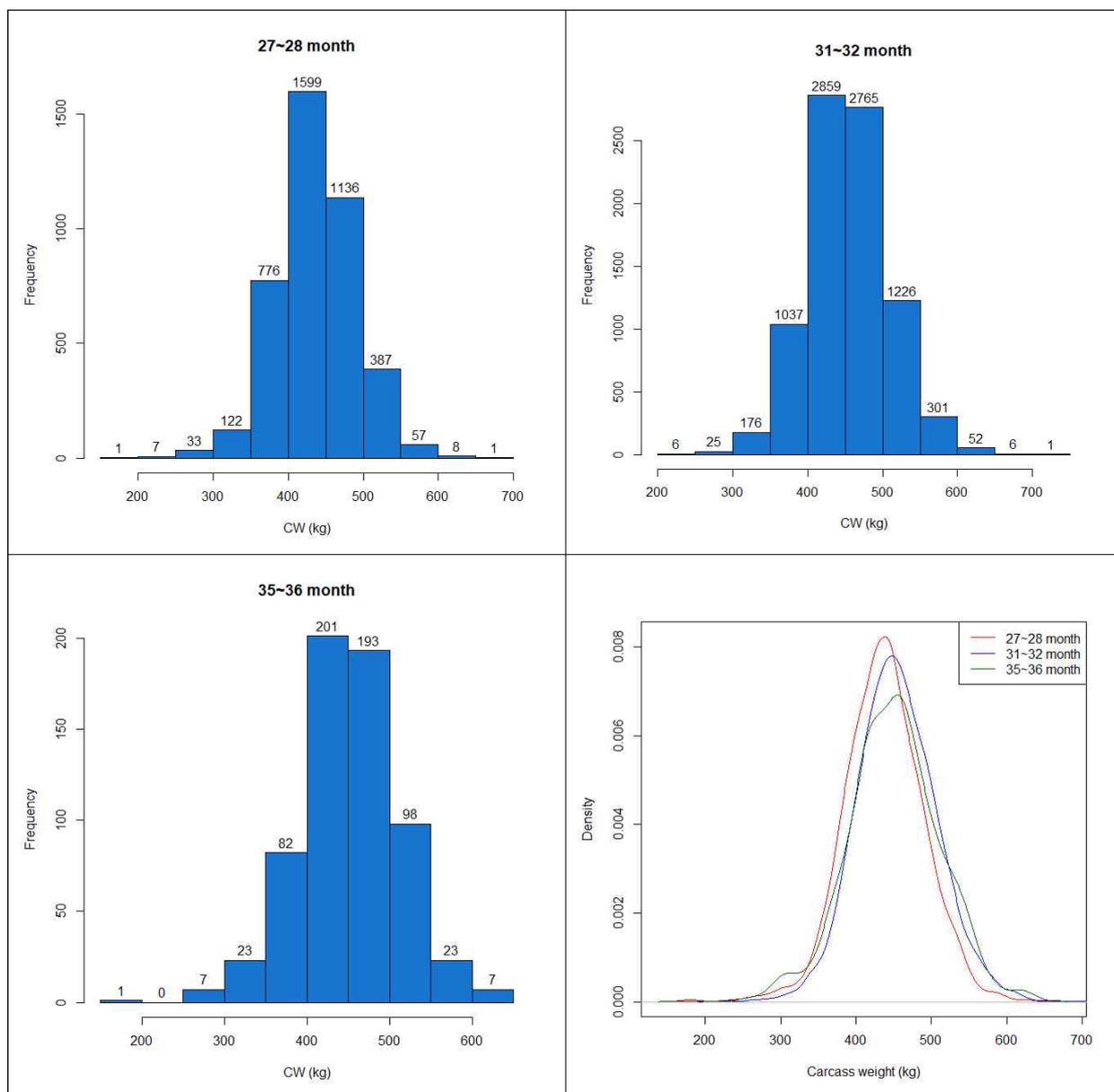
**한우 참조집단: 한우 상업축 핵심 참조집단 약 26,000두 활용(농촌진흥청 차세대 바이오그린21사업)**

- 한우 참조집단의 출하시기 구분은 통상적으로 조기출하(27~28개월)되는 시기와 평균적으로 많이 출하되는 29~32개월, 장기비육에 해당하는 35~36개월령 3개의 그룹으로 데이터를 분할하여 통계모델을 설정하였다.

Table 27. 한우 상업축 참조집단의 출하시기별 두수

Group	개월령	두수
1	27~28	4,127
2	29~32	8,454
3	33~36	635

- 출하시기에 대한 각 개월령 그룹에 대한 개체수는 27~28개월에서 4,127두, 29~32개월에서 8,454두, 33~36개월에서 635두로 확인됨
- 29~32개월에 출하하는 두수가 가장 많이 한 것으로 나타났으며, 장기비육을 고려한 35~36개월령의 개체수가 가장 적은 것으로 나타남
- 유전모수를 추정하기 전 표현형의 이상치, 정규성 등 확인하고 진행했으며, 출하시기별 도체중의 분포 분석한 결과, 31~32개월령에 출하된 개체들의 도체중이 가장 높은 것으로 확인됨



< Figure 11. 도체중(CW)에 대한 출하시기별 표현형 분포 >

- 유전체 자료의 품질평가(QC)는 plink1.9 software를 이용하여 geno 0.1, hwe 0.0001, maf 0.01 기준에 따라 59,764 SNPs 중 최종 40,931 SNPs을 분석에 이용함
- 모수 추정을 위해 R을 이용하여 최적의 모델 설정을 사전진행함
- 가장 높은 모델의 설명력은 model 5의 출생년도, 출생월, 도축년도, 도축월, 성별의 효과로 나타났으며, 해당 모델은 표현형에 대해 약 13%의 설명력을 가지는 것으로 분석됨

Table 28. 단계별 회귀분석을 통한 최적 변수 설정 모델 선발(step wise regression)

Model Index	Predictors
1	도축년도
2	도축년도, 성별
3	출생년도, 도축년도, 성별
4	출생년도, 출생월, 도축년도, 성별
5	출생년도, 출생월, 도축년도, 도축월, 성별

Model	Adj.R-Square	Pred R-Square	R-Square	C(p)	AIC	SBIC	SBC	MSEP	FPE	HSP	APC
1	0.07	0.07	0.07	1781.34	28013.021	20619.860	28022.005	71426.884.05	2743.39	0.11	0.93
2	0.11	0.11	0.11	761.06	27915.720	20522.569	27925.522	68805.165.14	2642.79	0.10	0.89
3	0.11	0.11	0.11	548.83	27896.818	20501.867	27914.786	68257.810.07	2622.78	0.10	0.89
4	0.12	0.12	0.12	339.66	27878.248	20481.301	27905.201	67718.271.31	2603.15	0.10	0.88
5	0.13	0.13	0.13	-31.00	27843.385	20444.452	27879.323	66764.043.73	2567.55	0.10	0.87

AIC: Akaike Information Criteria

SBIC: Sawa's Bayesian Information Criteria

SBC: Schwarz Bayesian Criteria

MSEP: Estimated error of prediction, assuming multivariate normality

FPE: Final Prediction Error

HSP: Hocking's Sp

APC: Amemiya Prediction Criteria

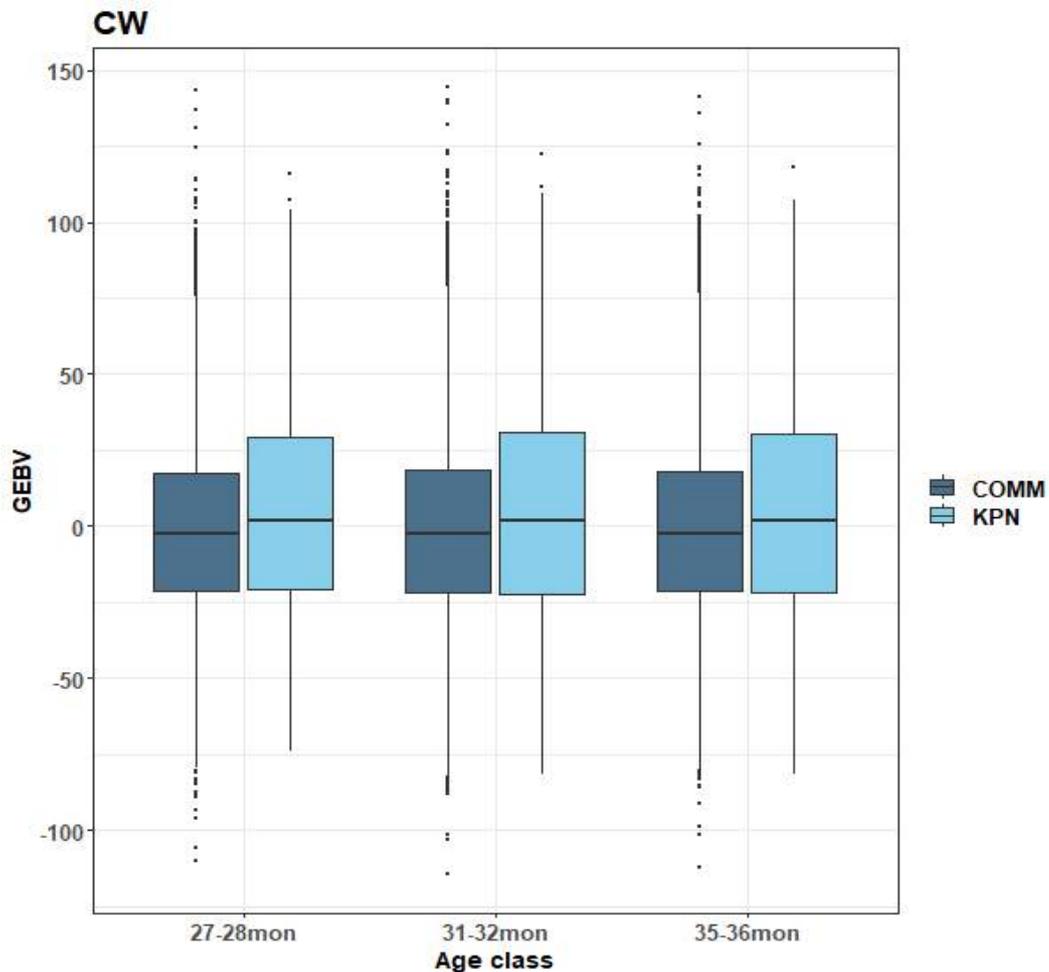
- 국가 단위 한우개량(24개월령) 체계와 연동하여 운용하기 위하여 각 시기별 유전모수 추정 및 출하시기 별 추정 육종가의 정확도 분석

- 한우 국가 단위 24개월 개체를 포함하여 출하시기에 따른 유전모수를 및 육종가를 추정함
- 모수추정은 blupf90 program 중 하나인 airemlf90을 이용하여 다변량 혼합선형모형 (multivariate linear mixed model)을 사용하여 추정함.
- 그 결과, 출하시기가 27~28개월인 개체들은 유전력은 0.432, 29~32개월의 개체들은 0.459, 35~36개월의 개체들은 0.410로 출하 개월령이 31~32개월령인 개체들의 유전력이 가장 높은 것으로 나타났으며, 35개월 이상인 경우 즉 장기 비육시 도체종의 유전력이 다소 감소하는 것으로 나타남

Table 29. 출하시기에 따른 도체중 유전모수

	27~28개월	29~32개월	35~36개월
유전분산	985.26	1088.60	1246.00
잔차분산	1295.50	1284.60	1792.50
유전력	0.432	0.459	0.410

- 출하시기에 따른 유전체 육종가는 29~32개월의 유전모수를 고정하여 추정함
- 상업축 참조집단의 유전체 육종가 평균을 비교한 결과, 27~28개월 집단은 3.39, 29~32개월령은 -1.88, 35~36개월령은 -9.34로 분석됨
- 출하시기별 국가단위 개체 1,266두의 유전체 육종가 평균은 27~28개월 참조집단으로 추정한 결과,  $6.15 \pm 35.52$ , 31~32개월 참조집단으로 추정한 결과  $6.29 \pm 36.99$ , 35~36개월의 경우  $6.18 \pm 35.92$ 로 31~32개월 출하시기의 참조집단으로 추정 시 추정 육종가에 대한 표준편차가 가장 큰 것으로 분석되었다.



< Figure 12. 출하시기에 따른 도체중 유전체육종가 추이 >

- 결론적으로, 참조집단의 크기가 더 커져서, 각 age class별로 데이터가 10,000두가 확보 되면 본 연구에서 설정한 random regression 모델을 이용하여 각 그룹별 육종가를 추정하여 최적 도축시점을 예측하고 거세우 비육 시 이들 육종가를 활용할 수 있는 모델로 활용 가능한 것으로 판단됩니다.

□ 한우 도축성적에 대한 경제적 가중치 설정 및 선발지수 모델 연구

○ 기존 도체형질(출하시기별)과 소비형질을 이용한 새로운 선발지수 모델 개발

- 도체형질과 도체 판매가격을 고려한 회귀분석을 통한 각 표현형질과 도체 판매가격간 회귀계수 산출

- 도체 형질에 대한 경제적 가치 평가는 생물 경제학적 모델을 통해 평가할 수 있습니다. 생물경제학 모델은 도체 형질별 지출, 수익, 유전 정보, 관리 등 경제성 및 생산성 평가 기록으로 구성된다. 그러나 비용이나 지출에 대한 정보가 없는 경우 다중회귀분석을 이용한 부분 회귀 계수(Partial regression coefficient) 추정을 사용한다(Hirooka and Sasaki, 1998; Kahi and Hirooka, 2005; Choy et al., 2012; Alam et al., 2013). 이후 도축장에서 입수한 도체의 경매가격(원화)을 기준으로 가장 성적이 좋은 월령(28개월, 29개월)을 선정하여 추정하였다. 이는 도체 형질에 대한 경제적 가치를 추정하기 위한 경매가격 (Auction price) 추정이었습니다. 따라서 다중 회귀 분석, 즉 식을 사용하여 도체 형질에 따른 도체 경매가격을 회귀 분석했습니다: 회귀모델은 다음과 같다.

$$y_i = \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \beta_4 X_{i4} + e_i$$

y 경매가격;  $\beta_{1-4}$  회귀계수(도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도);  $X_i$ 's 설명변수(도체형질, 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도);  $e_i$  잔차

- 각 도체형질의 도체가격에 기여도를 시각화하기 위해 path 분석을 수행하였다. 독립변수, 중간변수, 종속변수를 나타내는 path model을 사용하였으며, 단방향 화살표는 독립, 중간 및 종속 변수의 원인을 나타내고 양방향 화살표는 두 변수 간의 연관성 강도를 나타낸다.
- 표준화된 회귀 계수(베타)는 종속 변수에 대한 독립 변수의 직접 및 간접 효과를 나타내는 경로 계수임
- 각 PC의 표현형 값에 대한 표준화된 점수 계수는 다음과 같음

$$SSC_{ij} = \frac{\text{eigenvector}_{ij}}{\sqrt{\text{eigenvalue}_j}}$$

$SSC_{ij}$  j 번째 주성분에서 i 번째 형질의 표현형 값의 표준화된 점수 계수

- 각 PC가 새로운 값을 생성할 수 있도록 표현형 값을 표준화하여 주성분 점수(인덱스 값)은 다음과 같이 계산됨

$$PC_{jl} = \sum_{i=1}^m SSC_{ij} X_{il}$$

$PC_{jl}$  j 번째 주성분에서 th 동물에 대한 주성분 점수(index score)

$SSC_{ij}$  j 번째 주성분에서 i 번째 형질의 표현형 값에 대한 표준화된 점수 계수

$X_{il}$  i 번째 형질의 표준화된 추정 표현형 값

Table 30. 도축년도별 도체형질과 도체가격

Year	N	CWT (kg)	EMA (cm <sup>2</sup> )	BFT (mm)	MS9	Price (Won)
2005	1094	402.47	84.81	11.45	5.85	15,369.16
2006	1243	401.00	86.68	12.34	5.30	16,419.16
2007	2106	404.10	89.48	12.83	5.65	15,566.62
2008	982	433.02	92.64	14.50	5.36	14,848.64
2009	2568	435.95	93.42	14.33	5.54	16,881.20
2010	2345	428.54	93.21	13.62	5.85	17,544.53
2011	2398	427.53	90.61	13.90	5.39	13,955.29
2012	2265	416.71	91.84	14.07	6.25	15,754.17

- 도축년도별 도체형질과 도체가격에 대해서, 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도의 최저값은 각각 401.00 kg(2006년), 84.81 cm<sup>2</sup> (2005년), 11.45 mm(2005년), 5.30 score(2006년) 나타났으며, 최고값은 각각 435.95kg (2009), 93.42 cm<sup>2</sup>(2009), 14.50mm(2008년), 6.25 score(2012년)로 확인되었다.

Table 31. 도체형질 및 도체가격 기초통계량

Traits	Mean	SD	Min	Max
CWT (kg)	420.54	43.07	172.00	634.00
EMA(cm <sup>2</sup> )	90.91	10.06	33.00	143.00
BFT(mm)	13.53	5.44	1.00	49.00
MS9	5.68	1.90	0.50	9.00
Auction prices (Won)	15,880.83	2667.35	2750	16,100

- 본 연구에 활용한 도축자료에 대해서 도체중의 평균값은 420kg, 등지방두께는 90cm<sup>2</sup>, 등지방두께는 13.53mm, 그리고 근내지방도는 5.68이었다.
- 개월령별 도체형질 및 도체가격의 최소제곱 평균은 아래와 같다.

Table 32. 개월령별 도체형질 및 도체가격의 최소제곱평균

Traits	27(months)	28(months)	29(months)	30(months)	31(months)	32(months)
CWT (kg)	396.83 ±0.06 <sup>f</sup>	405.97 ±0.05 <sup>e</sup>	416.89 ±0.05 <sup>d</sup>	420.72 ±0.04 <sup>c</sup>	425.88 ±0.04 <sup>b</sup>	430.62 ±0.05 <sup>a</sup>
EMA (cm <sup>2</sup> )	87.99 ±0.06 <sup>d</sup>	89.12 ±0.05 <sup>c</sup>	90.41 ±0.05 <sup>b</sup>	90.42 ±0.04 <sup>b</sup>	90.83 ±0.04 <sup>ab</sup>	91.29 ±0.05 <sup>a</sup>
BFT (mm)	12.43 ±0.07 <sup>c</sup>	12.35 ±0.06 <sup>c</sup>	12.79 ±0.05 <sup>bc</sup>	12.93 ±0.05 <sup>b</sup>	13.66 ±0.05 <sup>a</sup>	13.88 ±0.06 <sup>a</sup>
MS9	5.82 ±0.05 <sup>a</sup>	5.86 ±0.05 <sup>a</sup>	5.72 ±0.04 <sup>a</sup>	5.36 ±0.03 <sup>b</sup>	5.35 ±0.03 <sup>b</sup>	5.34 ±0.04 <sup>b</sup>
Auction prices (Won)	15985.60 ±0.05 <sup>bc</sup>	16107.52 ±0.05 <sup>ab</sup>	16324.43 ±0.04 <sup>a</sup>	15783.01 ±0.03 <sup>c</sup>	15436.86 ±0.03 <sup>d</sup>	15302.67 ±0.04 <sup>d</sup>

CWT= carcass weight; EMA= eye muscle area; BFT= back fat thickness; MS9= marbling score with 9 levels.

<sup>a, f</sup> Means with the same letter in the same row are not significantly different (p<0.05)

- 출하시기 28개월, 29개월령의 도체형질의 경제적 가치는 다중회귀 분석을 통하여 분석하였다. 아래 표에서 보여주는 것과 같이, 28개월령에서 최적 가중치는 도체중 12.68, 등심 단면적 74.27, 등지방두께 -66.17 그리고 근내지방도는 881이었다. 28개월령에서 경제가중치가 가장 큰 형질은 근내지방도였다.
- 출하시기 29개월령의 도체형질의 경제적 가치는 도체중 12.96, 등심단면적 80.39, 등지방 두께 -93.40 그리고 근내지방도는 837이었다. 29개월령에서도 경제가중치가 가장 큰 형질은 근내지방도였다.
- 그리고 이들 경제가중치의 R<sup>2</sup> 값이 99%로 매우 높은 예측력을 보였다.

Table 33. 출하시기에 따른 도체형질의 경제적 가치

Traits	28 (months) Estimate±SE	29 (months) Estimate±SE
CWT (kg)	12.68±1.22	12.96±1.07
EMA(cm <sup>2</sup> )	74.27±5.39	80.39±4.76
BFT(mm)	-66.17±10.73	-93.40±9.37
MS9	881.55±29.22	837.28±26.03
R <sup>2</sup>	0.99	0.98

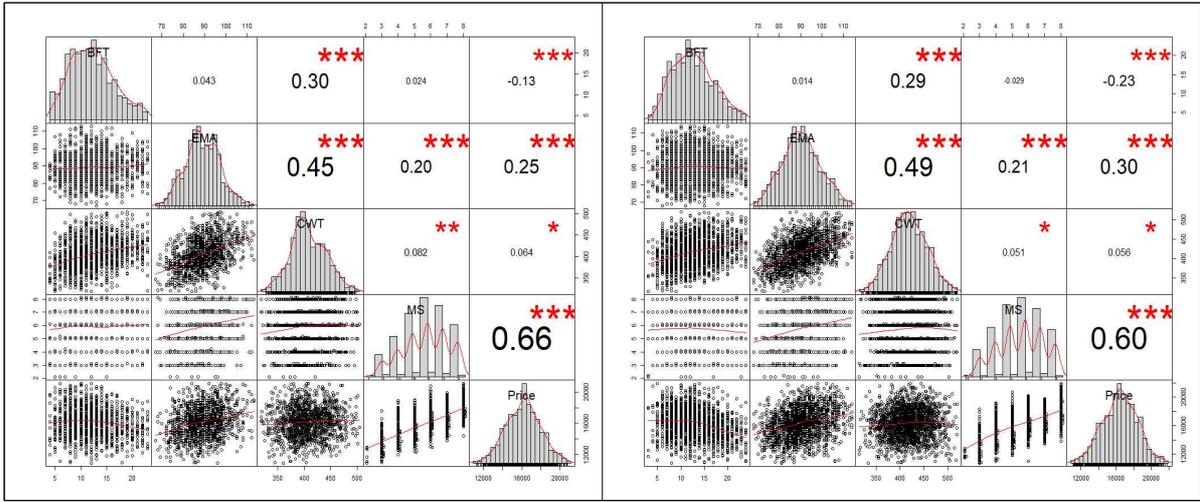
Economic values are expressed in (KRW) per unit of given trait,

R<sup>2</sup> = coefficient of determination

SE, standard error of mean

- 28, 29개월령의 도체형질 및 도체가격에 대한 표현형 상관관계는 다음과 같음
- CWT, EMA, MS와 도체가격 사이의 상관관계는(0.064, 0.25, 0.66), BFT와 도체가격은 음의 상관관계로 나타남(-0.13) 도체형질 간의 상관관계는 CWT와 EMA(0.45), CWT와 BFT(0.30), EMA와 MS(0.20)로 분석되었다.

- 도체가격에 대한 CWT, EMA 및 BFT의 기여는 28개월에 각각 -0.001, 0.129 및 -0.150로 나타났으며, 29개월의 경우 CWT, EMA 및 BFT의 기여도는 각각 0.003, 0.180 및 -0.218로 확인되었고, 근내지방도는 28개월 동안(0.634) 및 29개월 동안(0.554) 두 그룹에서 가격 가치에 대한 가장 높은 기여도를 나타냄

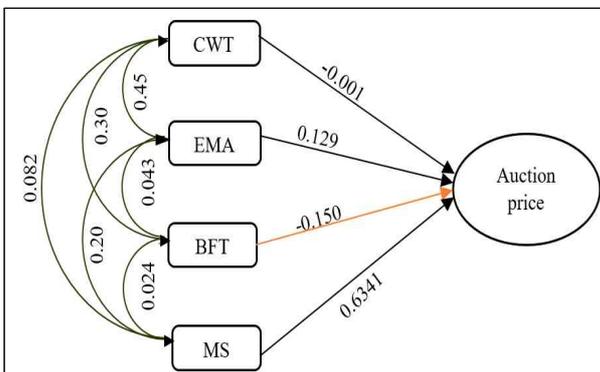


< 그림 13. 28개월령, 29개월령 도체형질 및 도체가격의 표현형 상관 >

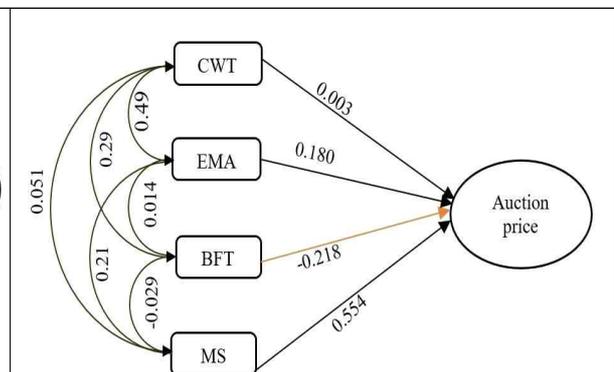
Table 34. 출하시기에 따른 도체형질의 도체가격과 기여도

Variables	28 (months)	29 (months)
	Price	Price
CWT	-0.001	0.003
EMA	0.129	0.180
BFT	-0.150	-0.218
MS	0.634	0.554

- 위의 표는 도체형질과 경락가격에 대한 주성분 분석을 통하여 28개월 및 29개월령 도체형질 및 도체가격의 기여도를 계산하였고, 그 결과는 위의 표와 같다. 즉 각 변수가 다른 변수에 미치는 영향을 설명한다.
- 아래 그림의 한 방향 화살표는 도체가격에 대한 도체 특성의 직간접적 영향을 나타내는 반면, 양방향 화살표는 도체 특성 간의 연관성 강도를 보여주고 있다.



< 그림 14. 28개월령 도체형질 및 도체가격의 기여도 >



< 그림 15. 29개월령 도체형질 및 도체가격의 기여도 >

Table 35. 두 가지 다른 모집단의 주성분, 분산 및 누적 비율에 대한 고유값

28 months	PC1	PC2	PC3	PC4
Eigenvalue	1.274	1.0234	0.9306	0.6801
Proportion of variance	0.4060	0.2618	0.2165	0.1156
Cumulative proportion	0.4060	0.6679	0.8844	1.0000
29 months	PC1	PC2	PC3	PC4
Eigenvalue	1.2705	1.0525	0.9233	0.6524
Proportion of variance	0.4035	0.2769	0.2131	0.1064
Cumulative proportion	0.4035	0.6805	0.8936	1.0000

PC1-4, 첫 번째에서 네 번째 주요 구성 요소

Table 36. 28개월 및 29개월령의 주성분 1(PC1) 및 2(PC2)와 표준화된 도체형질의 선형 상관관계

28 months	CWT	EMA	BFT	MS
PC1	0.6513396	0.5944193	0.3696521	0.2928817
PC2	-0.1966566	0.3080737	-0.6649552	0.6513458
29 months	CWT	EMA	BFT	MS
PC1	0.6666237	0.6250937	0.3152183	0.2559456
PC2	-0.1995063	0.2867191	-0.6746493	0.6982303

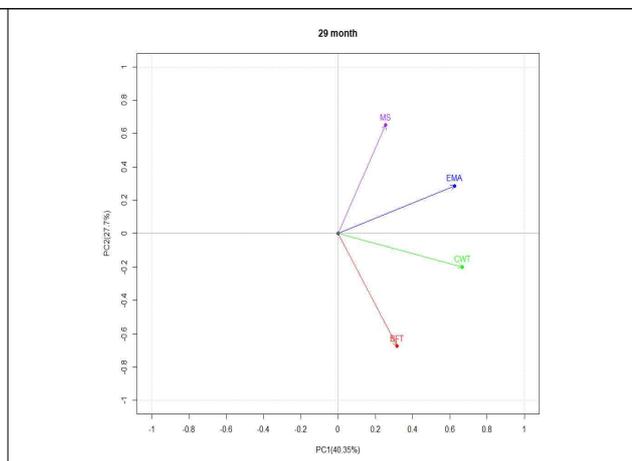
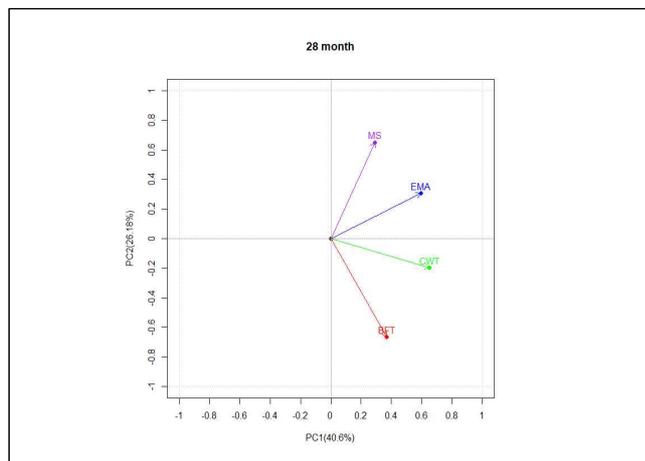
Table 37. 28개월과 29개월에 각 주성분의 표준화된 도체형질별 표준화 점수계수

28 months	CWT	EMA	BFT	MS
PC1	0.6998848	0.5808514	0.2900549	0.4306617
PC2	-0.2113136	0.3010418	-0.5217704	0.9577576
29 months	CWT	EMA	BFT	MS
PC1	0.7220339	0.5939013	0.2481066	0.3923097
PC2	-0.2160894	0.2724117	-0.5310128	0.9967087

(28 months)  $PC_1 = 0.6999_{CWT} + 0.5809_{EMA} + 0.2901_{BFT} + 0.3923_{MS}$   
 $PC_2 = -0.2161_{CWT} + 0.3010_{EMA} - 0.5218_{BFT} + 0.9578_{MS}$

(29 months)  $PC_1 = 0.7220_{CWT} + 0.5939_{EMA} + 0.2481_{BFT} + 0.3923_{MS}$

$PC_2 = -0.2161_{CWT} + 0.2724_{EMA} - 0.5310_{BFT} + 0.9967_{MS}$



< 그림 16. 28개월령 도체형질의 표준화된 표현형의 주성분 >

선은 각 PC의 강도와 방향을 나타내는 고유 벡터

< 그림 17. 29개월령 도체형질의 표준화된 표현형의 주성분 >

선은 각 PC의 강도와 방향을 나타내는 고유 벡터

- 선발지수식 설정 및 도체등급과의 상관분석

- 한우 도체 판매가격에 대한 도체형질의 회귀계수 추정치를 활용해 유전체 육종가 기반 4종의 선발지수를 산출 후 실제 도체등급과의 상관분석을 진행하였다. 선발지수에 대한 도체형질과 상관분석을 위해서 2020년부터 2021년 사이에 도축된 998두 거세우의 도체형질 4종의 유전체 육종가 및 도체등급(육질등급, 육량등급)을 이용하여 상관분석을 수행하였다.
- 선발지수 산출에는 출하시기별(28개월, 39개월) 도체형질과 도체 경매가격과의 추정 회귀계수 및 주성분 기반 표준화 점수 계수 기반으로 추정한 회귀계수를 활용해 총 4가지 선발지수 모형을 활용하였다.
- 아래의 표와 같이 총 4개의 모델을 설정하였으며, 모델1은 28개월령 경제가중치, 모델2는 29개월 경제가중치, 모델3은 28개월 주성분분석, 모델4는 29개월 주성분분석을 통하여 도출된 경제가중치를 이용하여 선발지수식을 설정하였다.

Table 38. 선발지수식에 활용한 도축월령별 도체형질과 도체가격 간 회귀계수

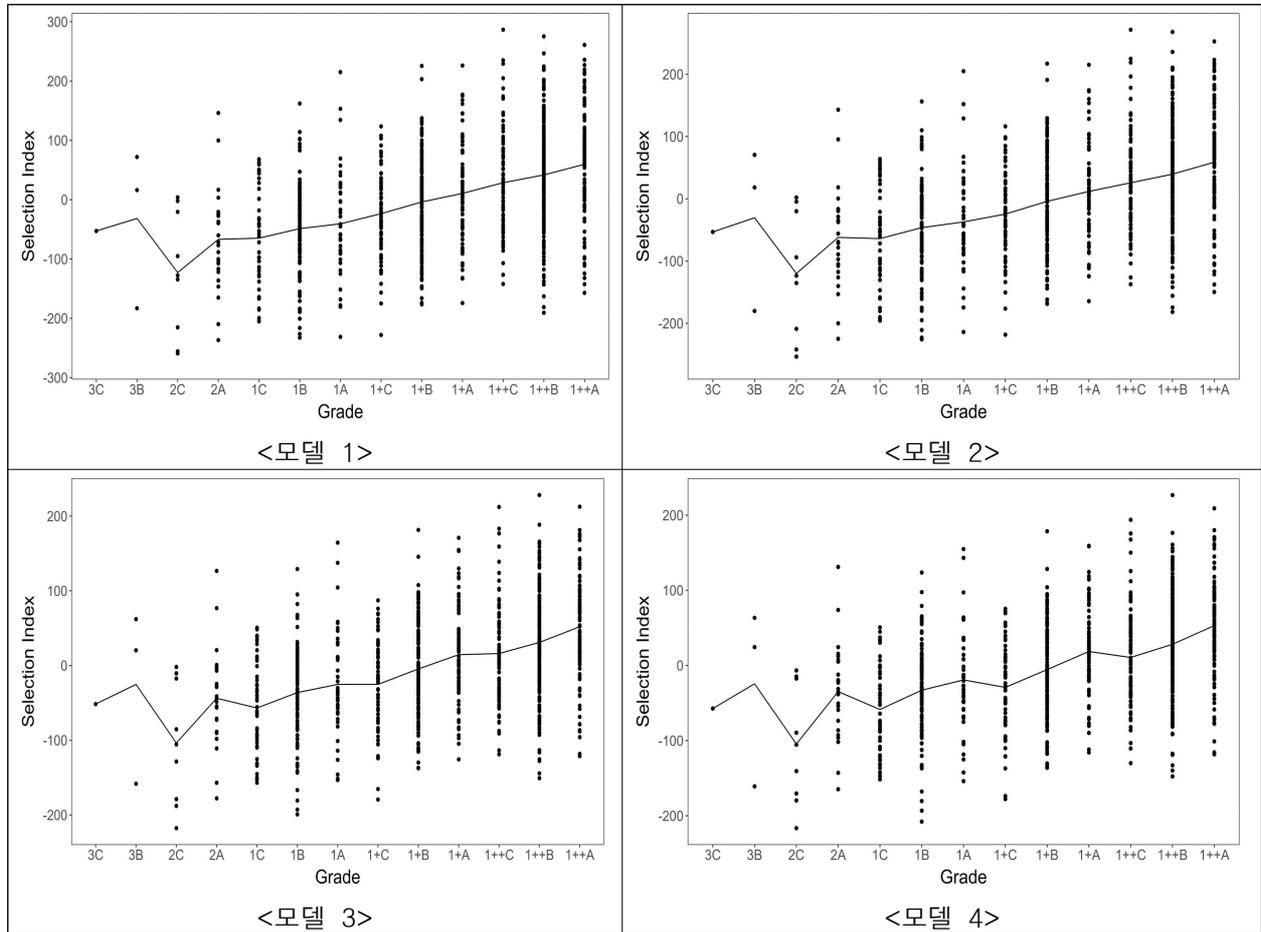
Traits	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
	28 months	29 months	28 months	28 months
	Price-Trait regression	Price-Trait regression	PC standardization	PC standardization
CWT	12.68	12.96	-0.001	0.003
EMA	74.27	80.39	0.129	0.18
BFT	-66.17	-93.4	-0.15	-0.218
MS	881.55	837.28	0.634	0.554

- 선발지수 계산 시 각 도체형질별 유전체육종가는 표준화를 진행한 값을 기준으로 이용하였고, 이에 따라 형질별 계수 또한 도체중을 기준으로 조정하여 산출을 진행함

Table 39. 표준화된 유전체 육종가 기반 선발지수 산출식의 조정된 계수

Traits	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
CWT	1.3	1.3	-0.1	0.3
EMA	7.4	8	12.9	18
BFT	-6.6	-9.3	-15	-21.8
MS	88.2	83.7	63.4	55.4

- 산출된 선발지수와 도체등급간의 다연상관(polyserial correlation) 분석 결과, 최대우도추정치 기준 상관계수는 모델별로 각각 0.4841, 0.4856, 0.4865, 0.4811로 48-49% 가량의 유의한 상관을 보임 ( $P < 0.001$ )
- 전반적으로 표본이 적은 육질등급 3등급을 제외하면 높은 도체등급에서 높은 선발지수를 보이는 것을 확인할 수 있었음



< 그림 18. 경제가중치를 이용한 암소 다중형질 선발 >

- 결론적으로, 총 4개의 경제가중치를 이용한 암소 선발지수식과 거세우 최종등급과의 상관성이 약 48%로 높게 나타났다. 따라서, 모델1 ~ 모델4의 경제가중치를 이용하여 암소 다중형질 선발이 가능하다고 판단한다.

○ 유전체 육종가 추정 자동화 서비스 파이프라인구축: 유전평가 자동화 모델 구축(2 tract : 농가활용 gBLUP모델 설정 및 보다 정확한 평가체계관한 연구)

HOME
DB
분석 결과

## 충남대학교 한우 유전체 유전능력 평가 플랫폼

충남대학교의 한우 유전체 데이터를 활용한 유전능력 평가 시스템 및 간편 농가 활용 플랫폼 개발

DB

데이터베이스 분석

데이터베이스

한우 육종 분석

한우 유전체육종 기술을 통한 집단의 유전적 개량률 극대화를 도모하고 한우농가에 적용 적합한 육종 프로그램을 개발 및 적용

분석하기

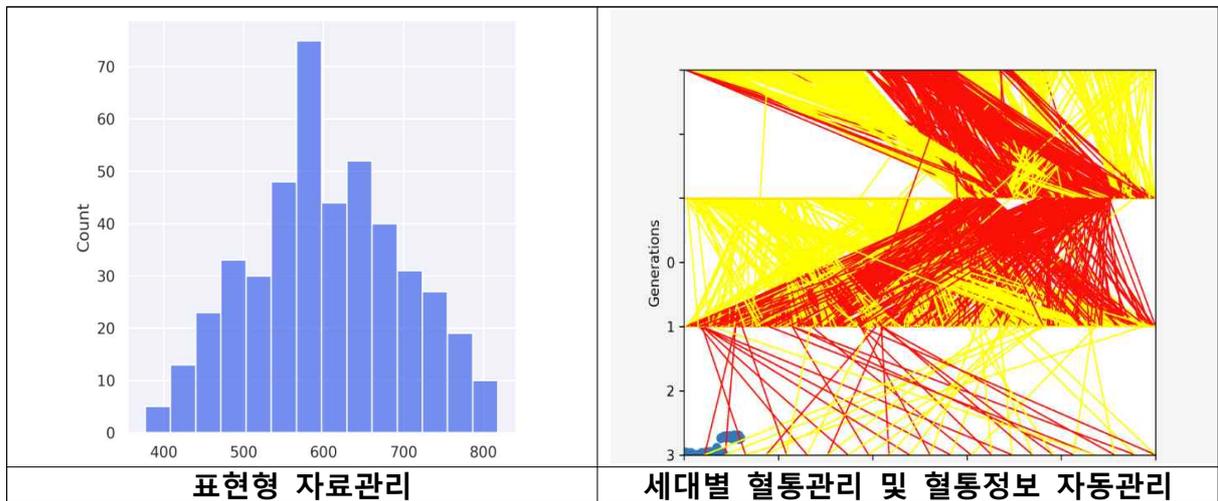
< 그림 19. 충남대학교 한우 유전체 유전능력 평가 플랫폼 >

- (농가 기본정보 처리) 농가에서 제공하는 혈통정보, 출하우 정보, 및 농가 기본정보 처리 파이프라인을 개발하였다.

Table 40. 농가 기본정보 처리

Animal sire dam 12849 151 3842 12134 29 3339 10214 29 1858 17560 156 7567 12110 83 3316 17348 28 7359 10978 3 2473 12529 20 3613 8482 27 326 15549 38 5813 16577 14 6605	17807 17807 0 0 0 -9 17855 17855 0 0 0 -9 17925 17925 0 0 0 -9 17930 17930 0 0 0 -9 17937 17937 0 0 0 -9 17947 17947 0 0 0 -9 17950 17950 0 0 0 -9 18320 18320 0 0 0 -9 8469 8469 0 0 0 -9 8482 8482 0 0 0 -9 ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	0 ARS-BFGL-BAC-13205 0 0 G A 0 ARS-BFGL-BAC-19353 0 0 A G 0 ARS-BFGL-BAC-33662 0 0 A G 0 ARS-BFGL-BAC-35028 0 0 G A 0 ARS-BFGL-NGS-100232 0 0 A G 0 ARS-BFGL-NGS-100341 0 0 G A 0 ARS-BFGL-NGS-100372 0 0 A G 0 ARS-BFGL-NGS-10051 0 0 A G 0 ARS-BFGL-NGS-100549 0 0 G A 0 ARS-BFGL-NGS-100941 0 0 G A 0 ARS-BFGL-NGS-101104 0 0 A G 0 ARS-BFGL-NGS-101164 0 0 A G 0 ARS-BFGL-NGS-101368 0 0 G A 0 ARS-BFGL-NGS-101923 0 0 C A
<b>혈통관리</b>	<b>표현형관리</b>	<b>유전체정보 관리</b>

- (기존 참조집단 유전체 및 표현형자료 전처리) 참조집단 유전체 정보, 표현형정보 및 혈통정보에 대한 표준화 데이터 생성하였고, 이를 관리할 수 있는 모듈을 개발하였다.



< 그림 20. 기존 참조집단 유전체 및 표현형자료 전처리 >

- (참조집단 빅데이터에 대한 데이터베이스화) 참조집단에 포함되어 있는 유전체 정보, 혈통, 표현형 및 농가정보를 암호화한 데이터베이스 설계 구축)-자료의 전처리 및 분석에 활용할 수 있는 포맷화가 빠르게 진행할 수 있도록 구성(DB설계 전문가와 협업)

### 데이터베이스 분석

표현형 파일 선택 선택된 파일 없음

혈통 파일 선택 선택된 파일 없음

유전자형 파일 선택 선택된 파일 없음

Start Analysis

- Final\_pedigree\_hanwoo\_for\_Prac4.txt
- Final\_phenotype\_hanwoo\_for\_Prac4.txt
- hanwoo\_Prac\_data.bed
- hanwoo\_Prac\_data.bim
- hanwoo\_Prac\_data.fam
- hanwoo\_Prac\_data.hh
- hanwoo\_Prac\_data.log
- hanwoo\_Prac\_data.nosex
- par
- Parameter3.txt
- total\_snp.map

**데이터베이스 기본 골격**

**입력자료**

< 그림 21. 참조집단 빅데이터에 대한 데이터베이스화 >

- (자료의 전처리 파이프라인) 유전체 정보 Quality control, 개체의 혈통오류수정, 평가용 개체의 유전체 정보 및 표현형정보 자동추가에 따른 자동화 파이프라인 구축

**Test data information**

파일 선택    선택된 파일 없음

**QC Options**

hardy-weinberg p-value  
0.0001

genotyping rate  
0.1

minor allele frequency  
0.01

missing individual  
0.1

IBD proportion  
0.85

PCA thresholds  
3.5

**SNP quality control**

< 그림 22. 자료의 전처리 파이프라인 >

- (유전모수 추정 및 개체 유전평가 파이프라인) 개체의 유전체 육종가를 추정하기 위한 최적 유전모수 추정을 위한 유전모수 추정 파이프라인 설계 구축하였고, 육종가 추정을 위하여 ssgBLUP, GBLUP을 이용한 유전평가 및 일배체형 기반 개체의 능력 예측 모형을 위한 파이프라인 구축하였다.

**EBV**

Select Species

hanwoo

Analysis methods (gblup blup, ssgblup)

gblup    blup    ssgblup

Analysis Options

CWT     BFT     EMA     MS

Parameter re-analysis (default is False)

Start Analysis

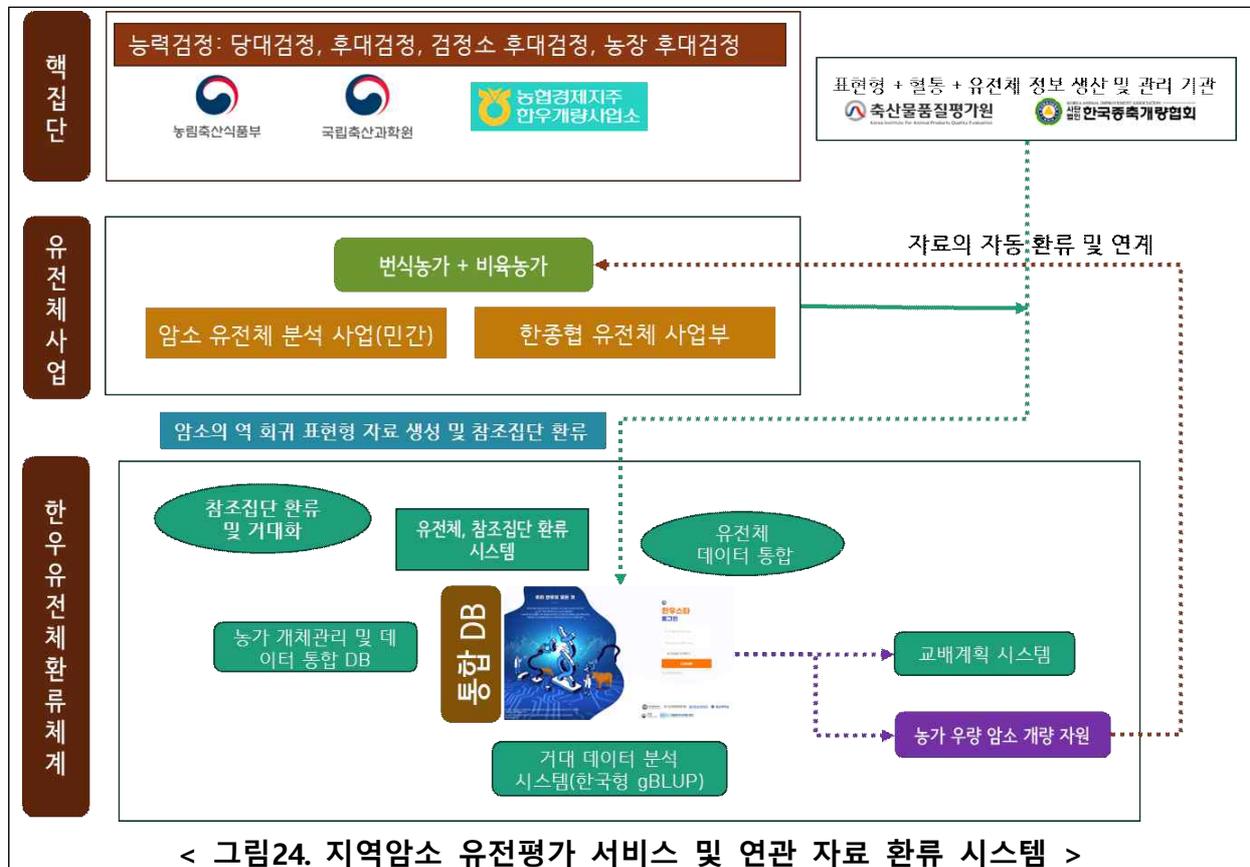
**유전모수 추정 및 개체 유전평가 파이프라인**

Seq	Inbreed_F	ORG_Name	cwt	cwt_acc
1	0	10882	-3.18180809	0.16
2	0	12996	-1.27090017	0.161
3	0	18160	1.77874543	0.091
4	0	17095	-0.43376405	0
5	0	13123	-4.35812696	0.208
6	0	17576	-1.06603307	0.178
7	0	11118	-0.17499865	0.254
8	0	15451	0.49060182	0.041
9	0	9499	-0.73673470	0.269

**유전모수 추정 및 개체 유전평가 파이프라인 결과 값**

< 그림 23. 한우 유전모수 및 유전능력평가 자동화 파이프라인 >

- (지역암소 유전평가 서비스 및 연관 자료 환류 시스템 구축) 지역별 암소 유전평가 자동화 서비스 체계 구축 및 연계 정보 자동 환류 시스템 설계(도체형질 및 번식형질 등)
- 개량용 암소 도축형질을 기존 참조집단에 환류함에 따른 암소 유전체 육종가 정확도



- (암소 유전체 분석 사업에서 도출된 암소 표현형 환류 효과 분석) 한우 암소 유전평가 환류 시스템 도입 이전, 한우 암소를 참조집단으로 이용해 암소의 유전체 육종가를 평가할 수 있을지 거세우 참조집단에 암소를 추가하여 비교 분석을 진행함
- <공시자료> 2005년도부터 2021년도까지 출생한 2021년도 경상북도 한우암소검정사업 대상 7개 지자체의(김천, 문경, 상주, 영양, 영주, 의성, 칠곡) 한우암소 5,177두(경북대학교)를 검정집단으로 이용하였으며, 참조집단은 19,823두의 도축 기록(도체중, 등지방두께, 등심단면적, 근내지방도)이 있는 거세우 참조집단을 활용함

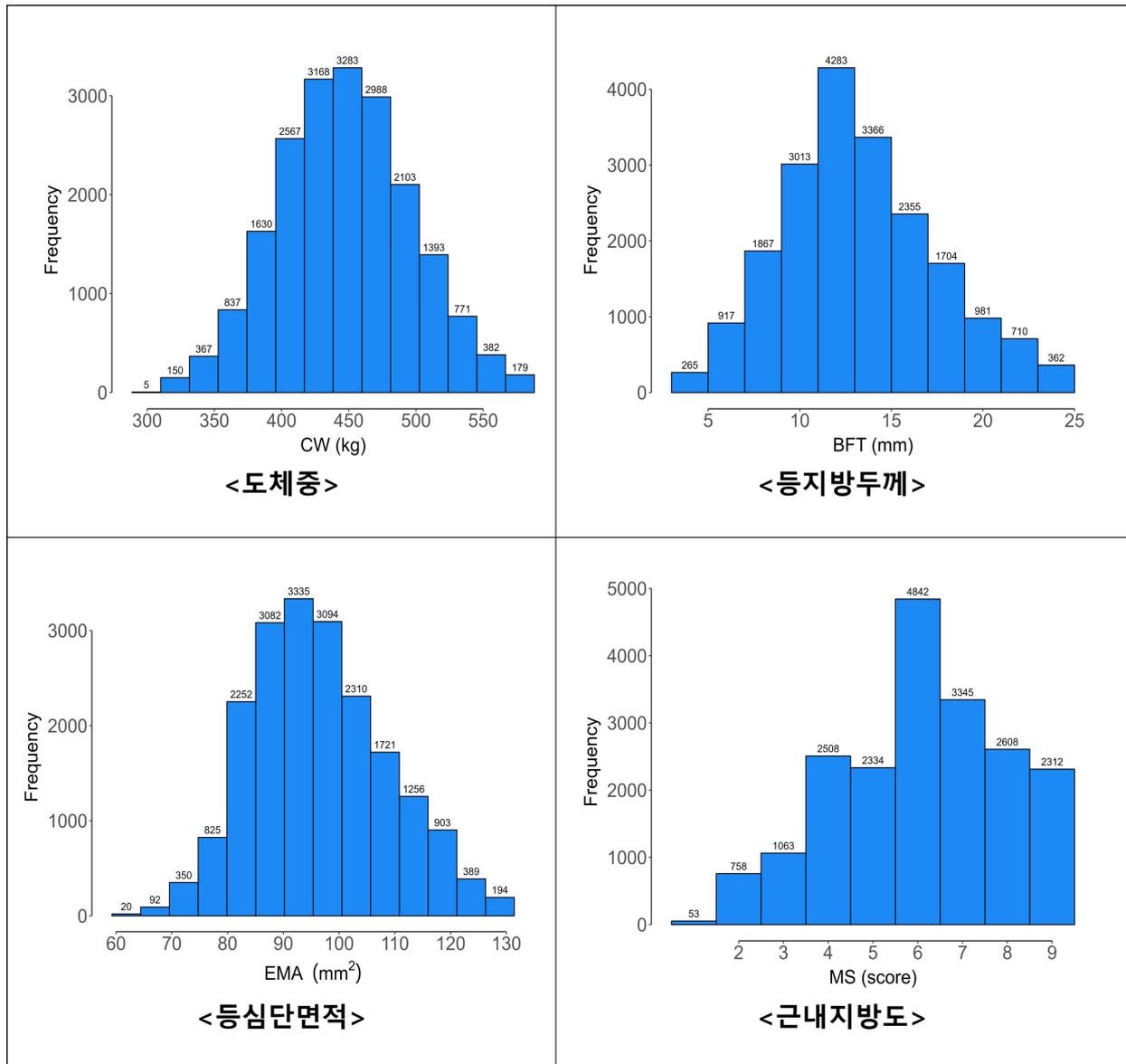
- 이용하는 참조집단은 30개월 19,823두의 거세우 참조집단과 해당 참조집단에 도축 기록을 보유한 암소 1,703두를 추가한 21,526두 참조집단 두 가지이며, 검정집단은 나머지 3,474두의 암소를 이용하였다.
- 암소 참조집단은 도축기록을 보유한 암소 1,801두 중 등외로 분류된 5두와 혼입된 거세우 1두를 제거한 후 도체중, 등지방두께, 등심단면적 3가지 형질에 대해 1.5 사분위값 기준으로 QC후 남은 1,703두를 이용하였다.
- 거세우 참조집단은 전체 25,964두 중 도체중, 등지방두께, 등심단면적 3가지 형질에 대해 1.5 사분위값 기준으로 QC 후 암소 5,177두와 합쳤을 때 blupf90 프로그램의 GBLUP 지원 최대두수인 25,000두를 만족시키기 위해 19,823두를 임의추출하였고, 유전모수 및 추정육종가(EBV) 추정에는 유전체 정보를 기반으로 한 GBLUP 분석방법을 이용하여 추정하였다.
- 유전모수는 거세우 참조집단 19,823두를 대상으로 blupf90 family 프로그램 중 airemlf90을 이용해 추정하고 그 값을 모수 값으로 설정함
- blupf90 프로그램을 이용한 유전모수 및 유전체 육종가 추정 전 SNP quality control 수행하였다.

plink1.9 software를 이용해 최종 40,335 SNPs 이용, option: geno 0.1, hwe 0.0001, maf 0.01

- 유전모수 추정을 위한 참조집단의 표현형 기초통계량을 살펴보면, 4가지 경제형질 (도체중, 등지방, 등심단면적, 근내지방도)에 대해 각각 평균이 447.109, 13.733, 96.492, 6.084이며, 표준편차는 49.619, 4.242, 12.070, 1.877의 편향되지 않은 정규분포 형태임
- 참조집단에 추가 비교되는 암소 1,703두의 표현형 기초통계량은 4가지 경제형질 (도체중, 등지방, 등심단면적, 근내지방도) 기준 평균이 366.938, 12.632, 87.946, 4.139이며, 표준편차는 46.345, 4.787, 11.785, 1.978의 근내지방도 제외 정규분포 형태임
- 암소의 평균 도축월령은 66개월령으로 거세우 참조집단 대비 다소 높았다. 거세우의 평균 도축월령이 32개월령에 비해 암소의 도축월령은 2배이상 긴 것으로 판단된다. 즉 암소의 평균 산차가 2~3산차라고 했을 때, 평균 66개월령은 기존 통계값과 유사한 값이라고 판단된다.

Table 41. 한우 거세우 참조집단(N=19,823) 기초통계량

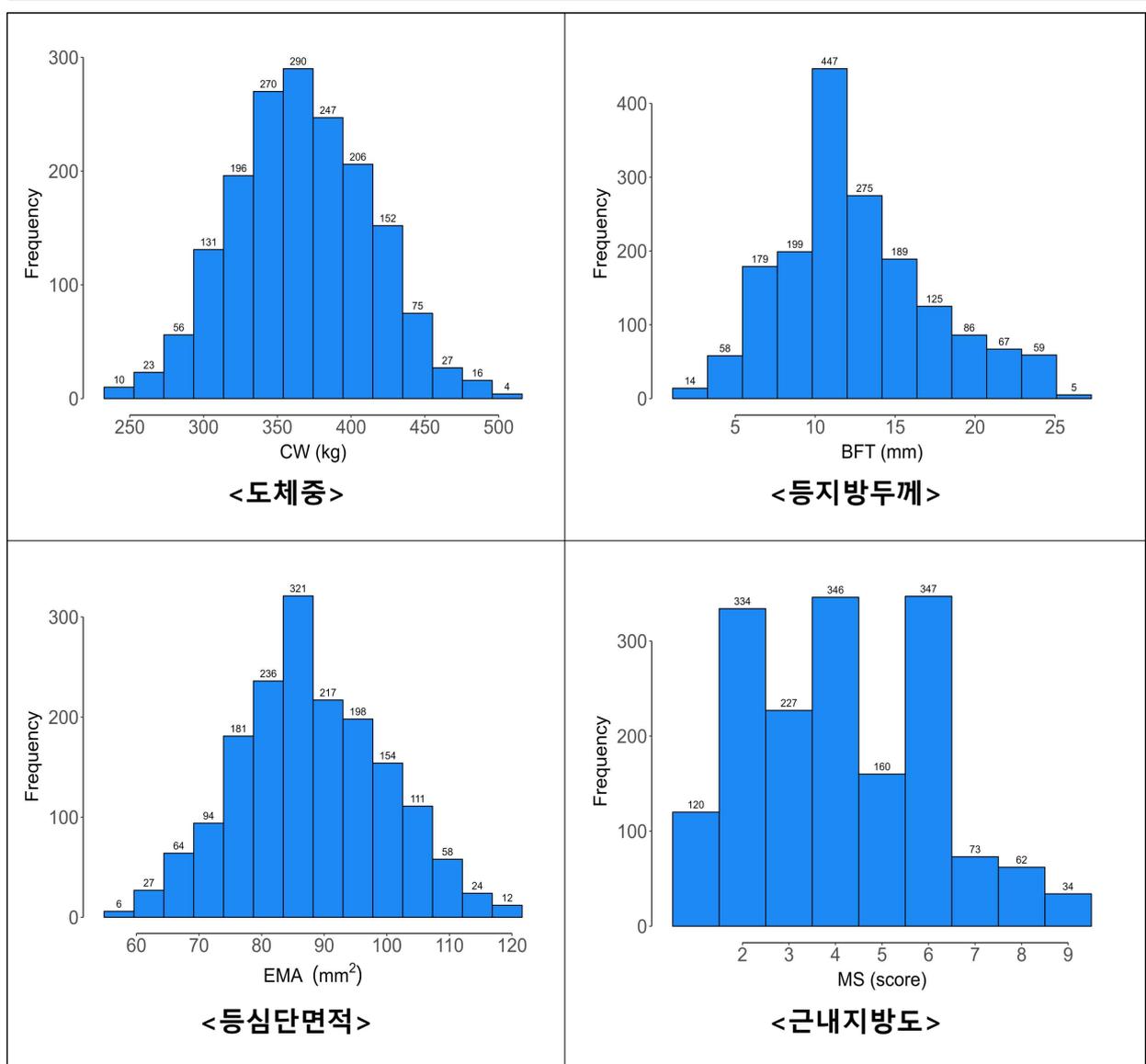
Trait	Median	Mean	SD	Min	Max
CW	446	447.109	49.619	309	587
BFT	13	13.733	4.242	3	25
EMA	95	96.492	12.070	63	130
MS	6	6.084	1.877	1	9



< Figure 13. 한우 거세우 참조집단(N=19,731) 표현형 분포 >

Table 42. 한우 암소 참조집단(N=1,703) 기초통계량

Trait	Median	Mean	SD	Min	Max
CW	366	366.938	46.345	238	501
BFT	12	12.632	4.787	2	26
EMA	87	87.946	11.785	57	119
MS	4	4.139	1.978	1	9



< Figure 14. 한우 암소 참조집단(N=1,703) 표현형 분포 >

- airemlf90 프로그램을 활용해 추정한 유전체 정보 기반 유전력은 4가지 형질에 대해 각각 0.43, 0.35, 0.37, 0.47으로 통상적으로 알려진 연구결과와 유사한 유전력이 확인됨

Table 43. 한우 거세우 참조집단 모수 (유전체 정보)

	도체중	등지방두께	등심단면적	근내지방도
유전분산	897.71	6.2681	46.442	1.4833
잔차분산	1171.3	11.439	80.358	1.6746
유전력	0.434	0.354	0.366	0.470
SE.G	32.337	0.263	1.899	0.052
SE.R	18.132	0.169	1.194	0.027

- 암소의 참조집단 환류 시의 변화를 확인하기 위해 두 개의 참조집단을 이용
  - \* 첫째: 거세우 참조집단 19,823두
  - \* 둘째: 거세우 참조집단 19,823두에 도축기록을 보유한 암소 1,703두를 추가한 혼합 참조집단 21,526두를 이용하였다. 즉 암소 1703두는 경북 암소 개량사업에 참여한 농가로부터 수집한 자료로 5,000두 암소의 능력을 평가하여 개량에 활용하였고, 3산 이후 도축된 암소의 정보 1703두를 참조집단에 환류하여 유전능력평가를 진행하였다.
- 추정된 유전모수를 바탕으로 암소가 참조집단으로 환류될 수 있을지 2가지 항목을 통해 두 참조집단의 추정치를 비교 연구를 진행하였다.
  - \* 첫째: 예측 에러 분산(predicted error variance, PEV)를 이용해 추정한 암소 추정육종가 정확도는 아래의 공식을 이용하여 분석하였다.

$$Accuracy = \sqrt{1 - se^2 / \sigma_g^2}$$

$$\text{추정육종가의 예측오차(PEV)} = se^2$$

$$\text{유전분산} = \sigma_a^2$$

- \* 둘째: 두 참조집단으로 추정된 암소 추정 육종가 간 정확도 측정을 위한 서열 상관관계 분석 (rank correlation)
- 두 참조집단 기반으로 추정한 암소 검정집단의 추정 육종가 정확도는 평균 0.7% 향상되어 참조집단 내의 암소 추가 시 참조집단 크기 증가로 인한 정확도 개선 효과를 확인할 수 있었음

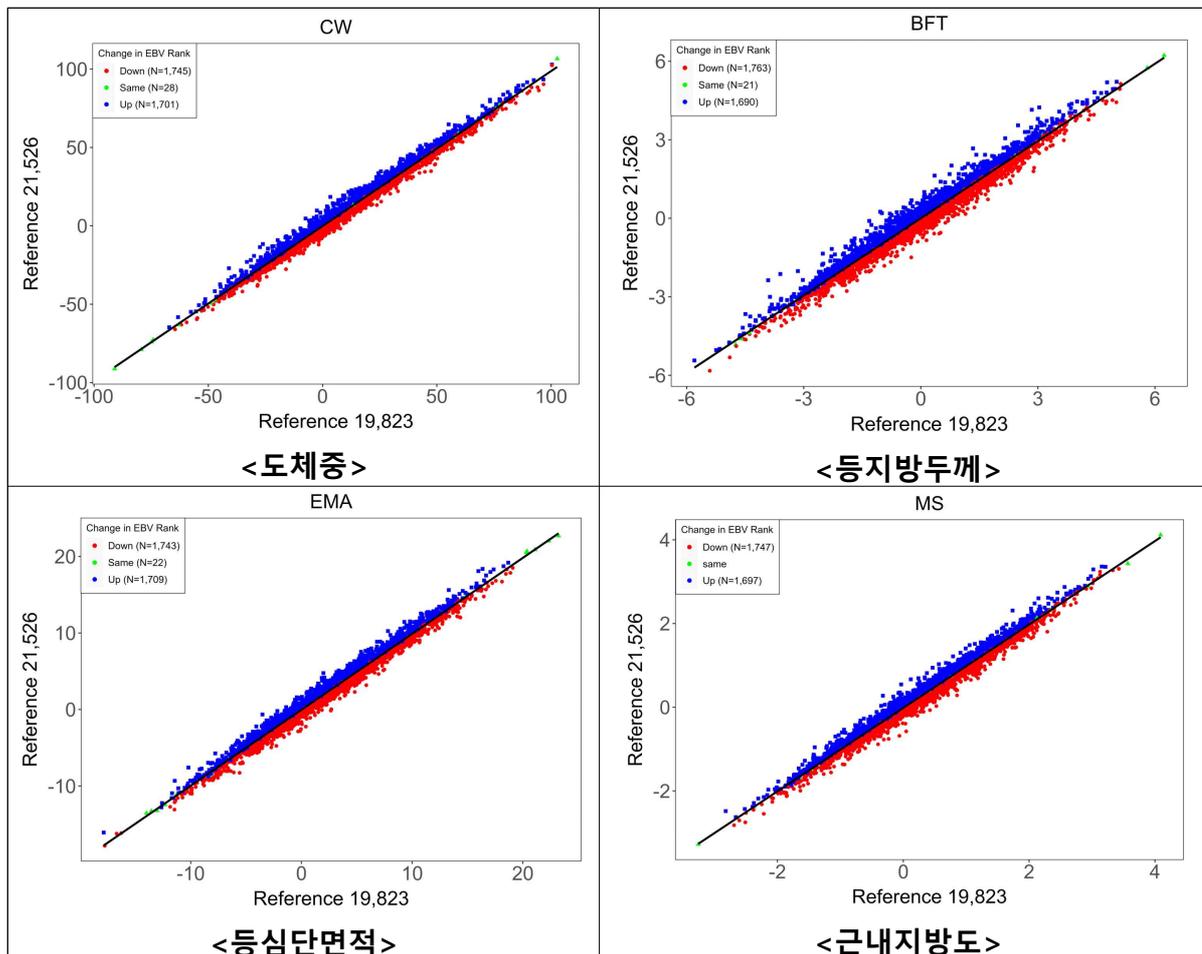
Table 44. 참조집단에 따른 한우 암소 검정집단(N=3,474)의 추정 육종가의 정확도 비교

형질	거세우 19,823두	거세우 19,823두 + 암소 1,703두
도체중	0.740	0.747
등지방두께	0.713	0.720
등심단면적	0.717	0.724
근내지방도	0.751	0.758

- 두 참조집단에서 추정된 암소의 추정 육종가 간 서열 상관분석은 데이터의 순위 간의 상관관계인 스피어만 서열상관계수(Spearman rank correlation)를 이용해 두 추정 육종가 간의 단조성을 평가함
- 암소의 참조집단별 추정 육종가 간 서열 상관계수는 각 형질별로 0.993, 0.984, 0.991, 0.989로 1에 가까운 높은 상관관계를 보임
- 암소가 추가된 참조집단 이용 시 추정 육종가 순위가 높아지는 암소 개체들은 각 형질별로 1,701두, 1,690두, 1,709두, 1,697두이며, 순위가 낮아지는 개체들은 각각 1,745두, 1,743두, 1,743두, 1,747두이며, 순위가 변동되지 않은 개체들은 각각 28두, 21두, 22두, 30두로 나타남

Table 45. 참조집단에 따른 한우 암소 검정집단(N=3,474)의 추정 육종가의 정확도 비교

형질	상관계수
도체중	0.993
등지방두께	0.984
등심단면적	0.991
근내지방도	0.989

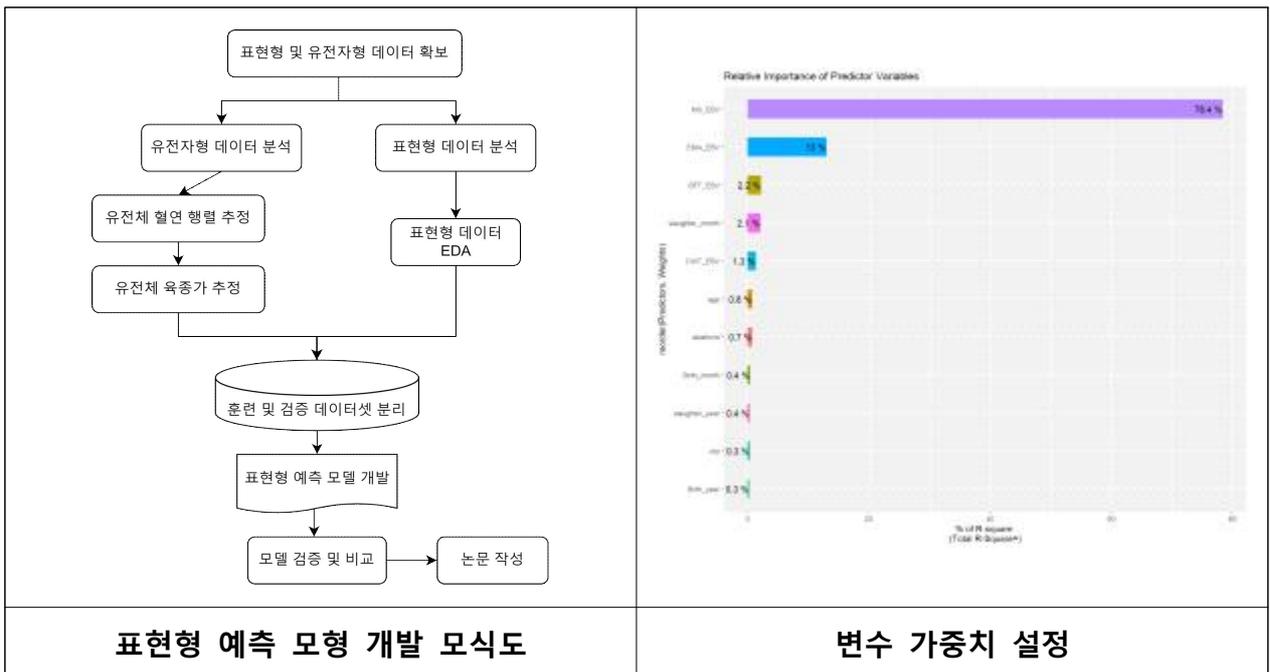


< Figure 15. 암소 미포함 참조집단(N=19,823) 및 암소 포함 참조집단(N=21,526) 이용 시 암소의 추정육종가 간 상관관계 >

- **(결론)** 본 연구에서 사용된 총 5,000두의 자료 중에서 1703두(34%)가 2년 이내에 도축되는 것으로 분석되었다. 결과적으로 연간 20,000두의 암소가 암소 유전체 분석 사업에 참여한다면, 그 중 7,000두가 2년내에 참조집단에 환류된다고 볼 수 있을 것이다. 본 연구에서 분석한 대로 참조집단이 1~2천두 증가할 때마다 암소의 추정 육종가의 정확도가 1% 증가한다면, 향후 10년 이내에 정확도 90%를 넘는 암소 유전체 육종가 추정이 가능할 것이다.

○ (steer sorting) 한우 유전능력평가 결과(육종가)를 이용한 거세우 표현형 예측기술 개발

- (공시재료) 본 연구는 유전평가를 위하여 한우 참조집단 16,616두를 사용하였고, 표현형 예측모델을 설정하기 위하여 16,616 참조집단에서 표본을 3,000두씩 뽑아서 정확도를 분석하였다. 모형 비교를 위한 성능 평가 지표(R-squared, correlation, bias 및 dispersion) 값 확인하였다.
- 한우 개체의 유전능력을 고려한 도체 형질 예측 기술 개발을 위하여 BLUPF90 프로그램으로 선형 혼합 모델(Linear Mixed Model)을 이용하여 4개 도체형질에 대해서 개체들의 육종가 추정을 수행하였다. 고정효과(fixed effect)로는 출생 연도, 출생 월, 도축 연도, 도축 월, 도축장, 농장 위치, 도축일을 설정하였고, 혼합선형 모델을 이용하여 도체중, 등심단면적, 등지방두께 및 근내지방도 네 개의 형질에 대한 유전체 육종가를 추정하여 도체 형질 예측 시 설명 변수로 사용하여 표현형 예측모델을 설정하였다.
- 가축의 유전능력(4개 도체형질 육종가)과 출하시 나이 등과 같은 환경효과에 대한 상대적 가중치 분석을 통한 선형회귀 모형식 설정



- (결과) 개체의 유전능력을 가중한 선형회귀식을 설정하여 표현형 예측 결과, 예측치와 실측값간의 상관은 74%로 도출 (회귀식:  $Score_i = 6.832 - 3.423 * MSEBV_i + 0.193 * BFTEBV_i - 0.042 * EMAEBV_i + 0.021 * CWTEBV_i + \epsilon_i$ )하였고, 표현형 예측력은 약 74%로 나타났다. 향후 회귀 모델은 한우스타에 모듈을 만들어 거세우 등급예측에 활용할 예정임

- (지역별 환경효과) 국내 지역별 THI(Temperature-Humidity Index; 온습도 지수)에 따른 개체의 유전체 육종가 추정 방법 개발(본 연구실에서 2020년 수행한 연구(Frontiers in Genetics, Chung et al, 2020)를 업데이트하여 보고서로 제출합니다.)
  - (연구목적) 출생 시기의 heat stress와 cold stress이 도체 형질에 영향을 주는 가를 확인하기 위해 수행되었다. 따라서 한우 유전능력평가 고도화를 위하여 최근 더워지는 지구에 대응하기 위하여 국내 지역별 온도와 습도정보를 기상청으로부터 자료를 수집하였다.
  - (연구자료) 연구에 이용한 개체는 거세우 9,318마리로 연구계획서와 비교하여 약 6,000마리를 추가하였으며 총 거세우 15,318두를 사용하였다.
  - 연구 데이터 Quality control은 SNP들 중 call rate < 0.10, minor allele frequency < 0.01인 유전 변이를 제거하였고, Hardy-Weinberg equilibrium < 0.0001, 개체 기준 genotype missingness > 0.1인 개체를 제거하였다. 아울러, 집단 평균으로부터 +/- 3 standard deviation 이외에 있는 개체를 missing 처리하였다.
  - 지역별 Heat stress를 나타내는 THI 관련 분석에 이용된 각 형질의 표현형 개수는 9,243(도체중), 9,202(등지방두께), 9,241(등심단면적), 9,305(근내지방도), 9,317(THI)이었다. Cold stress를 나타내는 CSI 관련 분석에 이용된 표현형 개수는 9,243(도체중), 9,206(등지방두께), 9,240(등심단면적), 9,306(근내지방도), 9,318(CSI)이었다.
  - 본 연구에 사용된 기후 데이터는 기상청의 기상자료 개방포털(<https://data.kma.go.kr/>)을 통해 획득하였으며, 2006년 1월부터 2018년 10월까지의 월 평균 기온, 풍속, 강수량 등의 자료를 얻었다. 본 연구에서 사용한 온습도지수는 미국 국립 연구 위원회[NRC](1971)에서 제공하는 지수값에 따라서 온-습도지수(Temperature-Humidity Index)를 계산하였다. THI 및 CSI는 다음의 공식을 이용하여 계산하였다.

- 온습도 지수인 THI는 다음과 같은 계산식을 통하여 얻었다.

$$THI = (1.8 \times T + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times H) (1.8 \times T - 26.8)]$$

T와 H는 개체가 태어난 지역의 일평균 최고 온도(°c)와 평균 상대 습도(%)를 의미한다.

- CSI는 다음과 같은 계산식을 통하여 얻었다.

$$CSI = [11.7 + (3.1 \times WS^{0.5})] \times (40 - T) + 481 + R; R = 418 \times (1 - e^{-0.04 \times \text{rain}})$$

WS는 평균 바람 세기(m/s), T와 R는 월평균 온도와 월평균 강수량을 나타낸다.

- THI와 CSI 별로 도체 형질에 대한 유전력(diagonal)과 표현형 상관(above the diagonal), 유전적 상관관계(below the diagonal)를 분석한 결과, THI에 대한 결과에서 도체 형질의 유전력은 각각 0.35(도체중), 0.34(등지방두께), 0.33(등심단면적), 0.42(근내지방도)이었다. 또한, CW-EMA와 EMA-MS에 대하여 높은 양의 유전 상관을 확인하였으며 CW-EMA과 BFT-EMA에 대하여 높은 양의 표현형 상관을 확인하였다.

Table 46. THI에 대한 도체형질의 유전력과 상관관계

	CW	BFT	EMA	MS
CW	3.48.E-01±1.72.E-02	3.72.E-01±9.62.E-03	4.88.E-01±9.04.E-03	1.81.E-01±1.02.E-02
BFT	2.02.E-01±4.11.E-02	3.35.E-01±1.78.E-02	8.92.E-02±1.03.E-02	1.23.E-01±1.03.E-02
EMA	4.28.E-01±3.49.E-02	-1.51.E-01±4.56.E-02	3.31.E-01±1.73.E-02	3.66.E-03±1.04.E-02
MS	1.24.E-01±3.98.E-02	-2.55.E-02±4.21.E-02	4.50.E-01±3.36.E-02	4.16.E-01±1.73.E-02

CW: 도체중, BFT: 등지방두께, EMA: 등심단면적, MS: 근내지방도

- CSI에 대한 결과에서 도체 형질의 유전력은 각각 0.35(도체중), 0.34(등지방두께), 0.33(등심단면적), 0.42(근내지방도)이었다. 표현형 상관에 대하여 CW-EMA와 BFT-EMA에서 높은 양의 상관을 확인 하였다. 유전 상관에 대하여 CW-EMA와 EMA-MS에서 높은 양의 유전 상관을 확인하였다. 유전력과 표현형, 유전 상관에 대하여 두 결과의 추정치가 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 47. CSI에 대한 도체형질의 유전력과 상관관계

	CW	BFT	EMA	MS
CW	3.49.E-01±1.72.E-02	3.72.E-01±9.62.E-03	4.88.E-01±9.04.E-03	1.81.E-01±1.02.E-02
BFT	2.14.E-01±4.11.E-02	3.37.E-01±1.78.E-02	8.92.E-02±1.03.E-02	1.23.E-01±1.03.E-02
EMA	4.28.E-01±3.49.E-02	-1.51.E-01±4.55.E-02	3.31.E-01±1.73.E-02	3.66.E-03±1.04.E-02
MS	1.25.E-01±3.97.E-02	-2.49.E-02±4.20.E-02	4.51.E-01±3.36.E-02	4.16.E-01±1.73.E-02

CW: 도체중, BFT: 등지방두께, EMA: 등심단면적, MS: 근내지방도

- 도체형질과 THI, CSI의 유전적, 환경적 상관을 확인하였다. 아래의 표에서 도체형질과 THI, CSI에 대한 유전 및 환경 상관을 분석하였다.

Table 48 도체 형질과 THI의 상관관계

THI	CW	BFT	EMA	MS
$r_g$	-8.50E-02±8.74E-02	-1.45E-01±9.09E-02	1.54E-01±8.71E-02	-4.21E-02±8.37E-02
$r_e$	1.28E-02±1.41E-02	2.50E-02±1.41E-02	-2.04E-02±1.40E-02	1.59E-03±1.46E-02

CW: 도체중, BFT: 등지방두께, EMA: 등심단면적, MS: 근내지방도

Table 49. 도체 형질과 CSI의 상관관계

CSI	CW	BFT	EMA	MS
$r_g$	2.13E-02±1.08E-01	7.02E-02±1.12E-01	-1.46E-01±1.08E-01	-2.00E-04±1.04E-01
$r_e$	-2.11E-03±1.39E-02	-4.88E-03±1.39E-02	1.70E-02±1.38E-02	-2.62E-03±1.44E-02

CW: 도체중, BFT: 등지방두께, EMA: 등심단면적, MS: 근내지방도

- G×E interaction과 R×E interaction의 크기를 다변량 임의적 회귀 모형(multivariate reaction norm model)을 이용하여 아래의 모델을 비교하고, 우도비를 통해 G×E interaction과 R×E interaction의 크기를 확인하였다.

Null model: $y = Xb + \alpha_0 + \tau_0,$ $c = \beta + \epsilon$
G×C model : $y = Xb + \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0,$ $c = \beta + \epsilon$
R×C model : $y = Xb + \alpha_0 + \tau_0 + \tau_1 \cdot c,$ $c = \beta + \epsilon$
Combined G×C and R×C model : $y = Xb + \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0 + \tau_1 \cdot c,$ $c = \beta + \epsilon$

- 각 수치는 Combined G×E, R×E interaction, Orthogonal G×E interaction, Orthogonal R×E interaction이 나타내는 우도비를 의미한다. TH에 대한 결과로서 CW에서 G×E interaction과 R×E interaction는 독립이며, BFT는 collinearity의 크기가 orthogonal interaction의 크기보다 크므로 두 interaction이 비독립적인 것으로 보인다. 또한, EMA의 R×E interaction은 G×E interaction에 수반되며 MS의 G×E interaction은 R×E interaction에 수반되었다.
- CSI에 대한 결과로서 CW와 MS에서 G×E interaction과 R×E interaction는 독립이며, BFT는 collinearity의 크기가 orthogonal interaction의 크기보다 크므로 두 interaction이 비독립적인 것으로 보인다. 또한, EMA의 R×E interaction는 해당 interaction의 50%가 G×E interaction에 수반되며 MS의 G×E interaction은 R×E interaction에 수반되었다.

Table 50. TH에 대한 G×E와 R×E interaction의 크기

Index	Model comparison	Type of interaction	CW	BFT	EMA	MS
M4	H0: Univariate GREML H1: URNM Full	Combined G×E and R×E	10.42	8.95	17.67	16.96
M5	H0: URNM R×E H1: URNM Full	Orthogonal G×E	4.37	2.56	6.95	6.98
M6	H0: URNM G×E H1: URNM Full	Orthogonal R×E	6.60	1.91	4.00	10.54
		Dependency or collinearity	-0.56	4.48	6.72	-0.56

CW: 도체중, BFT: 등지방두께, EMA: 등심단면적, MS: 근내지방도

Table 51. CSI에 대한 G×E와 R×E interaction의 크기

Index	Model comparison	Type of interaction	CW	BFT	EMA	MS
M4	H0: Univariate GREML	Combined	14.32	8.09	19.56	19.57
	H1: URNM Full	G×E and R×E				
M5	H0: URNM R×E	Orthogonal G×E	5.89	1.03	9.16	4.15
	H1: URNM Full					
M6	H0: URNM G×E	Orthogonal R×E	8.95	3.25	5.03	15.27
	H1: URNM Full					
		Dependency or collinearity	-0.52	3.81	5.37	0.15

CW: 도체중, BFT: 등지방두께, EMA: 등심단면적, MS: 근내지방도

- G×E interaction과 R×E interaction의 유무를 확인한 결과, URNM과 MRNM을 사용하여 도체 형질에 대한 G×E interaction과 R×E interaction 유무를 확인하였으며 아래의 표는 THI, CSI에 대한 G×E interaction과 R×E interaction의 유의성을 나타낸다. THI에 대한 결과에서 도체중에 대하여 URNM과 MRNM에서 orthogonal G×E interaction이 없었다 (표 9). orthogonal R×E interaction은 URNM에서 유의적이지 않았지만 MRNM에서 유의적이었고, 이는  $Cov(\tau_1, \epsilon)$ 에 의해 유의적으로 나타난 것으로 보인다. Combined G×E interaction과 R×E interaction은 URNM과 달리 MRNM에서 유의적인 것을 확인하였다. 등지방두께에 대하여 URNM과 MRNM에서 모든 종류의 interaction이 존재하지 않았다. 등심단면적에 대하여 URNM에서 orthogonal G×E interaction가 유의적이었고, MRNM에서 또한 유의적이었다. 반면에 orthogonal R×E interaction은 URNM과 MRNM에서 유의적이지 않다는 것을 확인하였다. 근내지방도에 대하여 URNM과 MRNM에서 orthogonal G×E interaction이 없었다. 반면에 MRNM에서 유의적인 orthogonal R×E interaction를 확인하였다.

Table 52. 도체 형질에 대한 THI에 따른 G×E interaction과 R×E interaction의 유의성

Index	Model comparison	Type of interaction		CW	BFT	EMA	MS
M1	H0: Univariate GREML H1: URNM Full	Combined G×E and R×E	$T_1 = \alpha_0 + e$ $T_2 = c = \beta + \epsilon$ $T_1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T_2 = c = \beta + \epsilon$	2.56E-01	1.10E-01	2.53E-03	9.55E-04
M2	H0: URNM R×E H1: URNM Full	Orthogonal G×E	$T_1 = \alpha_0 + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T_2 = c = \beta + \epsilon$ $T_1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T_2 = c = \beta + \epsilon$	6.78E-01	7.37E-01	1.49E-02	2.10E-01
M3	H0: URNM G×E H1: URNM Full	Orthogonal R×E	$T_1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0$ $T_2 = c = \beta + \epsilon$ $T_1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T_2 = c = \beta + \epsilon$	2.22E-01	2.07E-01	4.01E-01	3.68E-04
M4	H0: Bivariate GREML H1: MRNM Full	Combined G×E and R×E	$T_1 = \alpha_0 + e$ $T_2 = c = \beta + \epsilon$ $T_1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T_2 = c = \beta + \epsilon$	2.63E-02	2.31E-01	3.32E-03	3.30E-03
M5	H0: MRNM R×E H1: MRNM Full	Orthogonal G×E	$T_1 = \alpha_0 + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T_2 = c = \beta + \epsilon$ $T_1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T_2 = c = \beta + \epsilon$	1.17E-01	7.95E-01	2.72E-02	2.46E-01
M6	H0: MRNM R×E H1: MRNM Full	Orthogonal R×E	$T_1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0$ $T_2 = c = \beta + \epsilon$ $T_1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T_2 = c = \beta + \epsilon$	2.99E-02	3.55E-01	1.70E-01	1.60E-03

- CSI에 대한 결과에서 도체중에 대하여 URNM과 MRNM에서 orthogonal G×E interaction이 없었다. orthogonal R×E interaction은 URNM에서 유의적이지 않았지만 MRNM에서 유의적이었고, 이는  $Cov(\tau_1, \epsilon)$ 에 의해 유의적으로 나타난 것으로 보인다. Combined G×E과 R×E interaction은 URNM과 MRNM에서 유의적이지 않았다. 등지방두께에 대하여 URNM과 MRNM에서 모든 종류의 interaction이 존재하지 않았다. 등심단면적에 대하여 URNM에서 orthogonal G×E interaction가 유의적이었고, MRNM에서 또한 유의적이었다. 반면에 orthogonal R×E interaction은 URNM과 MRNM에서 유의적이지 않다는 것을 확인하였다. 근내지방도에 대하여 URNM에서 orthogonal G×E interaction가 유의적이었지만 MRNM에서 유의적이지 않을 것을 확인하였다. 이는 URNM에서 G×E interaction component에 포함되어있던 추정치가 MRNM에서 CSI와 근내지방도의 유전적 상관을 별도로 추정하여 G×E interaction signal이 사라진 것으로 보인다. MRNM에서 유의적인 orthogonal R×E interaction를 확인하였다.

Table 53. 도체형질에 대하여 CSI에 따른 G×E interaction과 R×E interaction의 유의성

Index	Model comparison	Type of interaction		CW	BFT	EMA	MS
M1	H0: Univariate GREML H1: URNM Full	Combined GxE and RxE	$T1 = \alpha_0 + e$ $T2 = c = \beta + \epsilon$ $T1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T2 = c = \beta + \epsilon$	4.33E -01	1.46E -01	3.84E -03	7.59E -03
M2	H0: URNM RxE H1: URNM Full	Orthogonal GxE	$T1 = \alpha_0 + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T2 = c = \beta + \epsilon$ $T1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T2 = c = \beta + \epsilon$	5.87E -01	5.96E -01	3.52E -02	4.65E -02
M3	H0: URNM GxE H1: URNM Full	Orthogonal RxE	$T1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0$ $T2 = c = \beta + \epsilon$ $T1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T2 = c = \beta + \epsilon$	4.25E -01	4.21E -01	4.00E -01	2.23E -02
M4	H0: Bivariate GREML H1: MRNM Full	Combined GxE and RxE	$T1 = \alpha_0 + e$ $T2 = c = \beta + \epsilon$ $T1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T2 = c = \beta + \epsilon$	1.08E -01	1.76E -01	7.12E -03	9.42E -03
M5	H0: MRNM RxE H1: MRNM Full	Orthogonal GxE	$T1 = \alpha_0 + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T2 = c = \beta + \epsilon$ $T1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T2 = c = \beta + \epsilon$	2.24E -01	4.64E -01	7.36E -02	7.25E -02
M6	H0: MRNM RxE H1: MRNM Full	Orthogonal RxE	$T1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0$ $T2 = c = \beta + \epsilon$ $T1 = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot c + \tau_0 + \tau_1 \cdot c$ $T2 = c = \beta + \epsilon$	8.56E -02	5.91E -01	2.62E -01	1.45E -02

Table 54. 도체 형질에 대하여 CSI에 따른  $G \times E$  interaction과  $R \times E$  interaction의 추정된 분산과 공분산

Parameter	CW	BFT	EMA	MS
$Var(\alpha_0)$	0.3542±0.0217	0.3397±0.0223	0.3314±0.0213	0.4272±0.0232
$Var(\alpha_1)$	0.0038±0.0042	0.0023±0.0038	0.0077±0.0052	0.0021±0.0039
$Cov(\alpha_0, \alpha_1)$	-0.0021±0.0093	0.0049±0.0093	0.0245±0.0095	0.0177±0.0097
$Var(\beta)$	0.0496±0.0106	0.0502±0.0107	0.0516±0.0108	0.0509±0.0108
$Cov(\alpha_0, \beta)$	-0.0103±0.0116	-0.0194±0.0118	0.0201±0.0115	-0.0049±0.0123
$Cov(\alpha_1, \beta)$	0.0126±0.0053	0.0032±0.0052	0.0059±0.0057	0.0054±0.0052
$Var(\tau_0)$	0.6443±0.0195	0.6814±0.0204	0.6617±0.0197	0.5551±0.0183
$Var(\tau_1)$	0.0233±0.0136	0.009±0.0138	0.0192±0.0138	0.0455±0.0132
$Cov(\tau_0, \tau_1)$	0.0001±0.0084	0.0149±0.0086	0.0018±0.0087	-0.0081±0.0082
$Var(\epsilon)$	0.9513±0.0162	0.9508±0.0163	0.9498±0.0163	0.9503±0.0163
$Cov(\tau_0, \epsilon)$	0.0105±0.0112	0.0204±0.0115	-0.0161±0.0113	0.002±0.011
$Cov(\tau_1, \epsilon)$	-0.0344±0.0119	-0.0058±0.0118	-0.0253±0.012	0.0004±0.0117

CW: 도체중, BFT: 등지방두께, EMA: 등심단면적, MS: 근내지방도

Table 55. 도체 형질에 대하여 CSI에 따른  $G \times E$  interaction과  $R \times E$  interaction의 추정된 분산과 공분산

Parameter	CW	BFT	EMA	MS
$Var(\alpha_0)$	0.3547±0.0218	0.3429±0.0223	0.3329±0.0214	0.4317±0.0233
$Var(\alpha_1)$	0.0048±0.0046	0.0027±0.0038	0.0060±0.0049	0.0048±0.0046
$Cov(\alpha_0, \alpha_1)$	0.0005±0.0094	-0.0079±0.0094	-0.0226±0.0094	-0.0239±0.0099
$Var(\beta)$	0.0295±0.0091	0.00305±0.0093	0.0311±0.0093	0.0304±0.0093
$Cov(\alpha_0, \beta)$	0.0012±0.00111	0.0076±0.0013	-0.0151±0.011	-0.0003±0.0118
$Cov(\alpha_1, \beta)$	0.0097±0.0049	0.0059±0.0047	0.0017±0.0051	0.0043±0.0049
$Var(\tau_0)$	0.6469±0.0202	0.6840±0.0210	0.6613±0.0205	0.5613±0.0191
$Var(\tau_1)$	0.0193±0.0146	0.0038±0.0144	0.0203±0.0147	0.0347±0.0141
$Cov(\tau_0, \tau_1)$	0.0004±0.0082	-0.0111±0.0083	-0.0021±0.0083	0.0105±0.0080
$Var(\epsilon)$	0.9720±0.0161	0.9711±0.0162	0.9707±0.0162	0.9712±0.0162
$Cov(\tau_0, \epsilon)$	-0.0097±0.0114	-0.0001±0.0116	0.0070±0.0114	-0.0096±0.0112
$Cov(\tau_1, \epsilon)$	-0.0301±0.0114	0.0058±0.0114	-0.0201±0.0015	-0.0227±0.0112

CW: 도체중, BFT: 등지방두께, EMA: 등심단면적, MS: 근내지방도

- $G \times E$  interaction과  $R \times E$  interaction 모델링에 따른 유전력 비교하였다. 아래의 표와 같이 잔차 분산의 유의적 차이를 기반으로 하여 orthogonal  $G \times E$  또는  $R \times E$  interaction이 존재하는 형질에 대하여 bivariate GREML보다 MRNM에서 추정된 유전력이 더 높았다.

Table 56. G×E interaction과 R×E interaction 모델링에 따른 유전력 비교

Trait	THI		CSI	
	bivariate GREML	MRNM	bivariate GREML	MRNM
CW	0.3462	0.3547	0.3570	0.3541
BFT	0.3287	0.3327	0.3318	0.3339
EMA	0.3245	0.3334	0.3249	0.3348
MS	0.4166	0.4349	0.4172	0.4347

CW: 도체중, BFT: 등지방두께, EMA: 등심단면적, MS: 근내지방도

- G×E interaction과 R×E interaction을 고려한 유전능력 평가를 수행하였다. 거세우 15,318두 중 9,318마리의 유전체 육종가를 추정하였고, 유전체 육종가를 이용하여 한우 도체형질 표현형을 예측하였다. 이형질 GREML(G×E interaction만 피팅한 모델)과 MRNM의 예측된 표현형을 비교하여 상위 2,500두 기준 순위 변동 존재 여부를 확인하였고, MRNM에서 2,500위 안에 존재하던 개체 중 null model에서 2,500위 밖에 존재하는 개체들은 도체중, 등심단면적, 근내지방도, 등지방두께에 대하여 각각 89, 79, 113, 0두로 확인되었다

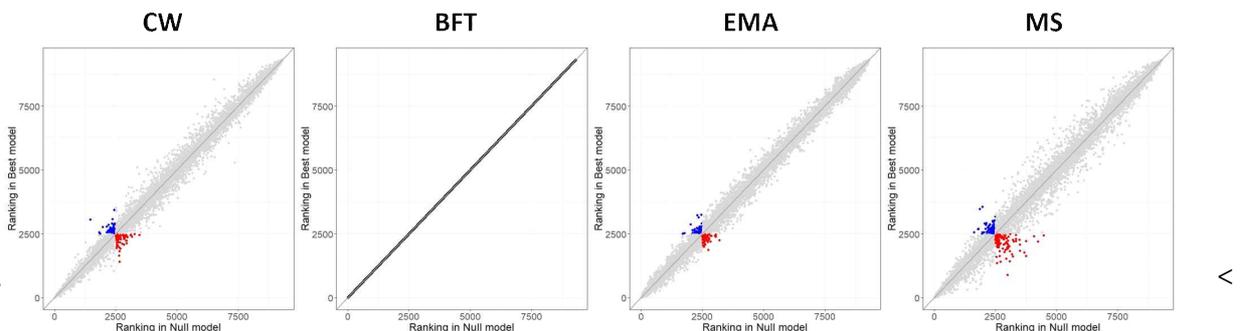


그림 20. 이형질 GREML과 MRNM간의 육종가 순위 변화 >

- 결론적으로, 지역별 환경효과(THI, CSI)를 고려하여 유전능력평가를 수행한 결과, 도체중, 등심단면적, 근내지방도에서 환경에 따라서 개체의 능력치가 변하는 것을 확인하였다. 그러나 이러한 환경효과의 크기가 상가적 유전보다 크지 않아 대부분의 개체의 능력치는 상가적 유전능력으로 설명이 가능하지만, 국내의 기후가 급격히 더워지거나, 추어지는 경우에 있어서 지역별 환경효과를 고려한 유전평가모델을 적용할 수 있을 것으로 판단됩니다.

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

기관	목표	가중치 (%)	개발 내용	달성도 (%)
주 관 기 관  (주) 티 엔 티 리 써 치	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hanwoo 50K SNP beadchip 기반 한우 유전체 대량 생산 체계 구축</li> </ul>	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>-대량 시료 실험의 반복 요소 확인 및 최소화 수행</li> <li>-반복 요소를 고려한 QC 방안 및 기준치 재설정</li> <li>-실험 방안의 개선으로 인한 기존 방식과의 차이 자체 평가</li> </ul>	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>한우 통합 빅데이터와 연계 방안 모색 및 DB 구축</li> </ul>	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>-한우 개체식별번호 기준 정보 취합 방안 확립</li> <li>-한우 유관기관 OPEN API를 이용한 데이터 연계</li> <li>-유전체 정보와 DB 자료 통합 관리 프로토콜 수립</li> </ul>	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>한우 통합 데이터 수집 관리 시스템 및 경제 형질 기반의 유전능력 평가 자동화 시스템 개발</li> </ul>	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>-공공데이터 및 유전체 데이터 관리 시스템 구축</li> <li>-자료의 관리 및 분류 등의 자동화 프로그램 개발</li> <li>-한우 도체형질 유전능력 평가 알고리즘 적용</li> <li>-DB 시스템의 정보를 활용하여 자동으로 유전능력을 평가하는 시스템 개발</li> <li>-유전능력 평가에 필요한 각 요소(유전모수, 파라미터 파일, 이력정보 등) 연계 방안 수립</li> <li>-유전능력 평가 결과를 자동으로 편집 및 DB에 저장하는 프로그램 개발</li> </ul>	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>농가 생산성 향상을 위한 컨설팅 콘텐츠 개발</li> </ul>	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>-수집된 정보와 유전능력 평가 결과 이용</li> <li>-농가의 사육 및 개량에 필요한 정보 제공 목적</li> <li>-농가 현황에 맞춰 필요한 정보 및 기술 제공</li> <li>-농가 현장에서 활용 가능한 콘텐츠 개발 및 제공</li> </ul>	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>컨설팅 콘텐츠 자동 생성을 위한 리포팅 시스템 개발</li> </ul>	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>-농가 컨설팅 콘텐츠 제작 위한 데이터 규격 수립</li> <li>-정보 제공을 위한 테이블 및 그래프 디자인</li> <li>-콘텐츠에 적합한 생성 방안 모색</li> <li>-DB 정보를 이용한 자동화 프로그램 개발</li> <li>-자동화 리포팅 시스템을 통한 콘텐츠 생산</li> </ul>	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>농가의 컨설팅 정보 제공을 위한 웹 기반의 컨설팅 플랫폼 구축</li> </ul>	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>-DB 정보 및 리포팅 프로그램을 통해 생산된 컨설팅 콘텐츠 정보 제공</li> <li>-웹 기반의 플랫폼을 통하여 농가 현장을 비롯한 다양한 환경에서의 활용 가능성 도모</li> <li>-한우 유관기관에서 제공하는 정보를 재가공하여 농가의 필요한 기본 정보를 제공</li> <li>-유전능력 평가 결과에 기반한 사육 및 개량에 필요한 정보 제공</li> </ul>	100

			-농가의 개인정보 보호를 위한 회원가입 시스템 및 개인정보 제공동의 시스템 수립 -축산물이력제 및 축산물품질평가원 DB와의 연동으로 회원가입 및 개인정보 제공동의 시스템 연계	
	• 한우 생산성 향상 컨설팅 서비스 모델 및 비즈니스 모델 개발	10	-[한우스타]를 이용한 온라인 컨설팅 서비스 비즈니스 모델 구축 -한우 유전체 분석 서비스와 결합하여, 회원가입만으로 별도의 과정없이 분석 결과물 제공 -일부 농가를 대상으로 시범 적용하여, 해당 결과물에 대한 만족도 조사 실시 -컨설팅 리포트를 이용한 오프라인 컨설팅 서비스 비즈니스 모델 구축 -IT 사용에 제한이 있거나, 별도의 관리 컨설턴트가 있는 농가를 대상으로 해당 비즈니스 모델 적용 -유전능력 분석은 본 시스템을 통해 수행하지만, 별도의 컨설턴트를 통해 컨설팅을 받는 경우 -온라인과 오프라인을 결합한 비즈니스 모델을 구축하여, 실시간 대응 및 현장 방문 등의 프로토콜 수립 -수립된 프로토콜을 바탕으로 전문가를 대상으로 한 교육 및 홍보 수행	100
	• 한우 생산성 향상을 위한 농가 온·오프라인 컨설팅 커리큘럼 및 영상 제작	10	-온·오프라인 비즈니스 모델을 기반으로 한 농가 컨설팅 커리큘럼 제작 -제작된 커리큘럼에 맞추어 축산물품질평가원과 함께 일부 농가를 대상으로 한 시범 적용 수행 -수행 결과에 대하여 별도의 만족도 조사 실시 -홍보 및 교육의 원활함을 위하여 별도의 영상물과 홍보 팜플렛을 제작하여 배포 -SNS 및 유튜브(Youtube)를 통해서 영상물을 게재하고, 해당 영상을 통한 홍보 및 교육 실시	100
공 동 기 관  축 산 물 품 질 평 가	• 한우 빅데이터 수집 및 통합 DB 구축	20	-개별농가 동의절차 자동화를 위한 농가 동의 시스템 구축 완료 -농가 개별정보 제공을 위한 등급 및 이력 시스템 연계 완료	100
	• 한우 통합 빅데이터 DB와 컨설팅 DB 연동 파이프라인 구축	20	-개별 농가 정보제공을 위한 Open API 구축 완료 -한우 공공 빅데이터와 컨설팅 서비스 DB와의 연계 파이프라인 설계	100
	• 한우 이력, 혈통, 사육 정보 수집 방안 및 체계 설정	20	-한국중축개량협회의 혈통정보, 한우개량사업소의 KPN 정보, 축산물품질평가원의 이력정보 연결 필요확인 -한우개량사업소의 KPN 유전체 분석정보(기관 자체 시스템)를 통해 친자확인 가능	100
	• 한우 생산농가 이력정보 제고 기반 마련	15	-유전체 분석 시스템(SNP Chip) 도입 및 분석역량 확보	100

연			-영세농가(그린나래, 성장 사다리), 일반농가 선정 및 시험적용(200두)	
	• 한우 근내지방 섬세지수 연구를 위한 등심 이미지 빅데이터 수집	15	-한우 근내지방도 섬세도 기준 설정 사전실험 추진 및 본 실험 진행 -근내지방도가 증가하면 지방면적비, 섬세지수는 상승하는 반면 지방입자개수는 감소 경향 확인 -섬세지수가 높을수록 육량(도체중, 등심단면적), 육질(BMS.No)이 높은 특성을 나타남	100
	• 등급별 근내지방 섬세지수 이화학 품질 특성 연구	10	-한우 근내지방 섬세지수 분석으로 한국형 근내지방 섬세지수 값이 도체가격에 영향 확인 -지방면적비 32% 이상 구간은 현 지수로 섬세정도 구분 가능 -한우 근내지방 섬세vs몽침별 이화학특성 결과 pH가 몽침그룹이 높았지만 모두 정상범위이며, 타 항목은 차이 없음 -백색 근섬유인 type IIX가 섬세한 근내지방에 높은 비율 확인	100
	• 한우 생산성 향상 컨설팅의 일반 농가 대상 시범 적용 수행	10	-한우 유전체 빅데이터 통합 유전능력 평가 시스템 현장 확대 적용(27농가 240두) -혈통(육종가) 기반의 소 유전능력 평가방식에서 유전체 분석 데이터를 융합한 저능력우 도태 지원	100
근 내 기 관	• 한우 번식형질 유전체 육종가 추정 최적 모델 설정	25	- 암소 6,823두 참조집단 구축 및 유전체 정보 기반 번식형질 유전력 추정 및 최적 (wssGBLUP) 육종가 추정모델 설정 - 분석결과 wssGBLUP 방법의 정확도가 49 ~ 63%로 나타나 가장 높은 정확도를 보임	100
	• 한우 도체 고급육 형질에 대한 유전체 육종가 추정 최적 모델 설정	25	- 출하 거세우 2만두 기반 참조집단을 이용하여 최적(wGBLUP) 유전체 육종가 추정 모델 설정 - 분석결과 wGBLUP 방법의 정확도가 88 ~ 91%로 나타나 가장 높은 정확도를 보임	100
	• 도체 고급육 형질 유전체 육종가 정확도 높이기 위한 참조집단 설계	15	- 참조집단 크기가 증가할수록 정확도 증가 - 검정개체(경복암소)와 혈연관계가 높은 개체들을 참조집단에 첨가시 정확도 증가	100
	• 한우 경제형질 조합에 따른 경제적 가중치 및 경제성 평가 모델 개발	10	- 번식(도체고급육)형질은 낮은(높은) 유전력을 보이며 번식형질과 도체고급육 형질들간의 유전상관은 일반적으로 낮게 나타남	100
	• 한우 경제형질 종합 평가를 위한 최적 선발지수식 연구 및 선발체계 구축	25	- 번식·도체 고급육 형질별로 경제적 가중치를 설정하였고 유전·표현형 (공)분산 및 경제적 가중치를 이용하여 번식 형질들간 선발지수, 도체 고급육 형질들간 선발지수, 번식·도체고급육 조합 선발지수식을 설정하여 암소 유전능력 기반 선발체계를 구축 하였음	100
연 내	• 한우암소 유전체육종가 추정 최적 모델 설정 및 정확도 검증	15	-기개발된 소프트웨어(BLUPf90, Mix99, ASREML4, 0, MTG2.0 등) 사용 유전모수 추정 효율성 비교 -유전모수 추정치의 변동에 따른 암소 유전체 육종	100

기 관 충 남 대 학 교			<p>가의 변화 비교</p> <p>-한우 후보씨수소 유전체 정보(농협-당후대검정) 활용 본 연구의 유전체 육종가의 정확도 분석</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>한우 참조집단의 환류 주기에 대한 모의실험: 최적 참조집단 설계</li> </ul>	15	<p>-참조집단과 선발 집단간의 유전적 유사도(genetic relatedness: <math>r_g</math>)에 따른 추정 육종가의 정확도 감소 비교 분석</p> <p>-KPN 씨수소 가계 구성 및 가계 구성에 따른 추정 육종가의 변동, 정확성 검정</p> <p>-한우 도체형질 연관 양적형질 좌위(QTN)정보를 재구성한 일배체형을 이용한 우량한 우암소 선발 방법 개발</p>	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>출하시기별(Age Class) 유전체 육종가 추정 체계 구축</li> </ul>	15	<p>-출하시기별 도체형질에 대한 유전체 육종가 추정 모델 개발</p> <p>-국가 단위 한우개량(2개월령) 체계와 연동하여 운용하기 위하여 각 시기별 유전모수 추정 추정 육종가의 정확도 분석</p>	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 도체형질(출하시기별)과 소비형질을 이용한 새로운 선발지수 모형 개발</li> </ul>	15	<p>-도체형질과 도체 판매가격을 고려한 회귀분석을 통한 각 표현형질과 도체 판매가격간 회귀계수 산출</p> <p>-농가에서 활용가능한 회귀계수식 선정(현실적으로 농가에 경제적 도움이 될 수 있는 모델)</p>	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>한우 도체성적 경제성 평가 모델 및 자동화 파이프라인 설계</li> </ul>	15	<p>- 한우 참조집단을 이용하여 개체의 도체형질에 대한 육종가를 추정하여, 추정된 육종가를 이용한 표현형 예측모델 설정</p> <p>- 표현형 예측에 활용할 회귀모형 제시</p>	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>지역별 환경효과에 따른 유전평가 자동화 서비스 체계 구축</li> </ul>	15	<p>- 지역별 THI, CSI를 기상청으로부터 수집하여 온습도지수, 및 추위지수를 설정하여 환경을 고려한 유전평가모델 고도화</p> <p>- G×E의 효과는 미미하지만 유전력을 추정하였으며 향후 국내 기후의 급격한 변화를 고려하면 환경을 고려한 유전평가모델의 고도화 및 서비스체계 구축(향후 한우스타에 장착할 예정임)</p>	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>유전평가 정보 자동 환류를 통한 참조집단 체계 설정</li> </ul>	10	<p>- 표현형이 없는 암소의 유전체 정보는 2년에 약 34%정도 도출되는 것을 확인하였으며, 이에 표현형이 도출된 암소를 참조집단에 환류할 경우, 2천두에 약 1%의 추정 육종가의 정확도를 얻었음</p> <p>- 한우스타를 이용하여 암소 유전체 사업에 참여하는 암소정보를 자동적으로 추적하여 암소 참조집단 확대 가능(한국종축개량협회 및 축산물품질평가원과 협업)</p>	100

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

성과지표명			연도		계	가중치 (%)
			1단계 (2021~2022)	2단계 (2023~2023)		
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>	논문 SCI	목표(단계별)	4	3	7	
		실적(누적)	4	4	8	
	논문 비SCI	목표(단계별)				
		실적(누적)		1	1	
	논문평균 IF	목표(단계별)				
		실적(누적)				
	특허출원	목표(단계별)	2	1	3	5
		실적(누적)	1	2	3	
	특허등록	목표(단계별)				
		실적(누적)				
	기술요약정 보	목표(단계별)				
		실적(누적)				
	저작권	목표(단계별)				
		실적(누적)	2		2	
	생명자원	목표(단계별)				
		실적(누적)				
학술발표	목표(단계별)	8	5	13	10	
	실적(누적)	11	3	14		
연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>	기술이전	목표(단계별)				
		실적(누적)				
	기술료	목표(단계별)		12,000,000	12,000,000	15
		실적(누적)	72,435,330		72,435,330	
	제품화	목표(단계별)		1	1	20
		실적(누적)	1		1	
	매출액	목표(단계별)	50,000,000	120,000,000	170,000,000	10
		실적(누적)	113,535,000	293,253,000	406,788,000	
	고용창출	목표(단계별)	2	1	3	10
		실적(누적)	3	4	7	
	기술인증	목표(단계별)		1	1	10
		실적(누적)		0	0	
	기술지도	목표(단계별)				
		실적(누적)			0	
	교육지도	목표(단계별)				
		실적(누적)	9	1	10	
	인력양성	목표(단계별)	8	2	10	10
		실적(누적)	8	3	11	
	정책활용	목표(단계별)	1	2	3	10
		실적(누적)	2	0	2	
홍보(전시)	목표(단계별)					
	실적(누적)		1	1		
DB 구축	목표(단계별)					
	실적(누적)					
포상 및 수상	목표(단계별)					
	실적(누적)	1		1		
계						100

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

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/BISSCI)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Association Study of Functional Candidate Genes for Meat Tenderness in Hanwoo Cattle	Journal of Animal Breeding and Genomics	Dinh Ngoc Phuong Thanh				SCIE	2021.12.27		
2	An Update physical genomic information for commercial bovine SNP chip based on recent reference genome sequences (ARS-UCD1.2)	Journal of Animal Breeding and Genomics	Jeongwo en Shin, Dong Jae Lee				SCIE	2021.12.27		
3	Comparison of Accuracy of breeding value for cow from three methods (PI, PBLUP, and GBLUP) in Hanwoo (Korean cattle) population	Journal of Animal Science and Technology	Hyo Sang Lee	65(4)	한국	JAST(한국 축산학회)	SCIE	2022.12.01	2672-0191	100
4	Identification of Missense Variants Affecting Carcass Traits for Hanwoo Precision Breeding	Genes	DongJae Lee	14(10)	스위스	MDPI	SCIE	2023.09.22	2073-4425	100
5	Identification of potential biomarkers associated with meat tenderness in Hanwoo (Korean cattle): an expression quantitative trait loci analysis	Animal Genetics	Yoonji Chung, Sun Sik Jang	54			SCIE	2023.09.21	0268-9146	50
6	Assessment of genomic breeding values and their accuracies for carcass traits in Jeju Black cattle using whole-genome SNP chip panels	Journal of Animal Breeding and Genetics	Md Azizul Haque, Asif Iqbal, Haechan g Bae	40(5)			SCIE	2023.04.26	0931-2668	50
7	Estimation of genetic correlations and genomic prediction accuracy for reproductive and carcass traits in Hanwoo cows	Journal of Animal Science and Technology	Md Aziaul Haque, Asif Iqba, Mohammad Alam	1			SCIE	2023.12.29	2672-0191	100
8	Genome-wide analysis identified significant genomic loci explaining genetic variance for body conformation in Hanwoo(Korean cattle) cows	Journal of Applied Animal Research	Hee Gun Lee, Dong Jae Lee		미국	Taylor & Francis	SCIE	2023.12.29	0974-1844	50
9	한우 전염성 질병 저항성 연관 QTL 검출을 위한 유전체 모의실험 연구	Journal of Animal Breeding and Genomics: 한국동물유전 육종학회	정운영		대한민국		BISSCI	2023.12.31	1226-5543	100

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국 동물 유전육종학회	이동재	2021.07.01.	온라인	대한민국
2	한국 동물 유전육종학회	한정현	2021.07.01.	온라인	대한민국
3	19th AAAP 2022	김유상	2022.08.25.	ICC제주국제컨벤션센터	대한민국
4	19th AAAP 2022	김종주	2022.08.24.	ICC제주국제컨벤션센터	대한민국
5	19th AAAP 2022	하쿠에 엠 이지출	2022.08.24.	ICC제주국제컨벤션센터	대한민국
6	WCGALP	이동재	2022.07.08.	온라인	네덜란드
7	19th AAAP 2022	이동재	2022.08.24.	ICC제주국제컨벤션센터	대한민국
8	19th AAAP 2022	배해창	2022.08.24.	ICC제주국제컨벤션센터	대한민국
9	19th AAAP 2022	하쿠에 엠 이지출	2022.08.24.	ICC제주국제컨벤션센터	대한민국
10	19th AAAP 2022	엄태은	2022.08.24.	ICC제주국제컨벤션센터	대한민국
11	19th AAAP 2022	김종주	2022.08.24.	ICC제주국제컨벤션센터	대한민국
12	ISAG 2023	김유상	2023.07.04.	남아프리카공화국 케이프타운	남아프리카공화국
13	한국 동물 유전육종학회	하쿠에 엠 이지출	2023.06.22.	대전기초과학기술원	대한민국
14	한국 동물 유전육종학회	하쿠에 엠 이지출	2023.06.22.	대전기초과학기술원	대한민국

기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 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	한우 암소의 번식 관련 형질의 단일염기다형성 마커조성물	대한민국	영남대학 교 산학협력 단, 김종주	2022-09 -21	20220001 59					100	활용 예정
2	한우스타	대한민국	㈜티엔티 리써치	2023-10 -10	40-2023 -018194 7					100	활용
3	한우스타	대한민국	㈜티엔티 리써치	2023-10 -10	40-2023 -018194 1					100	활용

○ 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

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작권자	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율
1	한우 유전체 유전능력 평가 자동화 시스템	2021.10.01.	(주)엔티리써치	2022.10.24.	C-2022-040684	(주)엔티리써치	100
2	한우 유전능력 평가 결과 기반의 컨설팅 플랫폼	2022.10.01.	(주)엔티리써치	2022.10.24.	C-2022-040685	(주)엔티리써치	100

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

표준화

○ 국내 표준

번호	인증구분 <sup>1)</sup>	인증여부 <sup>2)</sup>	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 <sup>3)</sup>	제안/인증일자

\* 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제 표준

번호	표준화단계구분 <sup>1)</sup>	표준명	표준기구명 <sup>2)</sup>	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 <sup>3)</sup>	제안자	표준화 번호	제안일자

[경제적 성과]

시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	직접실시	한우 유전능력 평가 시스템 및 컨설팅 플랫폼	(주)엔티리써치	2022.01.30.	72,435,330	

\* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	신제품 개발	국내	한우 유전능력 평가 시스템 및 컨설팅 플랫폼	Hanwoo 50K SNP chip을 통하여 생산되는 한우의 유전체 빅데이터와 개체정보를 바탕으로 유전적인 자질을 평가하는 유전체 유전능력 평가 자동화 시스템과, 시스템을 통해 생성된 평가 결과표 기반으로 농가 생산성 향상 및 사육 효율성 증대를 위한 컨설팅 콘텐츠 생성 플랫폼	(주)티엔티 리써치	113,535		2022	10년 이상
2	자기실시	신제품 개발	국내	한우 유전능력 평가 시스템 및 컨설팅 플랫폼	Hanwoo 50K SNP chip을 통하여 생산되는 한우의 유전체 빅데이터와 개체정보를 바탕으로 유전적인 자질을 평가하는 유전체 유전능력 평가 자동화 시스템과, 시스템을 통해 생성된 평가 결과표 기반으로 농가 생산성 향상 및 사육 효율성 증대를 위한 컨설팅 콘텐츠 생성 플랫폼	(주)티엔티 리써치	293,253		2023	10년 이상

\* 1) 기술이전 또는 자기실시

\* 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등

\* 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
한우 유전능력 평가 시스템 및 컨설팅 플랫폼	2022	113,535		113,535	서비스 매출액
한우 유전능력 평가 시스템 및 컨설팅 플랫폼	2023	293,253		293,253	서비스 매출액
합계		406,788		406,788	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
국외					
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출				

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)			합계
			2021년	2022년	2023년	
1	한우 유전체 빅데이터 통합 유전능력 평가 시스템 및 간편 농가 활용 플랫폼 개발	(주)티엔티리써치	1			1
2	한우 유전체 빅데이터 통합 유전능력 평가 시스템 및 간편 농가 활용 플랫폼 개발	(주)티엔티리써치		2		2
3	한우 유전체 빅데이터 통합 유전능력 평가 시스템 및 간편 농가 활용 플랫폼 개발	(주)티엔티리써치			4	4
합계			1	2	4	7

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	9
		생산인력	8
	개발 후	연구인력	11
		생산인력	9

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원
1	괴산 한우 농가 유전능력 평가 기술 교육	2021.09.08.	한우 사육 농가 및 농업기술센터	괴산 농업기술센터	15명
2	횡성 한우 농가 유전능력 평가 기술 교육	2021.09.29.	한우 사육 농가 및 농업기술센터, 한우협회	횡성 농업기술센터	30명
3	축산물품질평가원 광주지원 전문가 교육	2022.02.23.	축산물품질평가원 광주지원	축산물품질평가원 광주지원	10명
4	2022년 제2차 축산전문가 양성	2022.05.09. ~ 05.12.	축산물품질평가원	온라인	12
5	유전체분석(SNP) 관련 내부직원 교육	2022.05.11. ~ 06.28.	축산물품질평가원	축산물품질평가원 본원	50
6	가축유전자원센터 유전체 분석 관련 교육	2022.05.18.	가축유전자원센터 연구원	가축유전자원센터	13
7	2022년 제3차 축산전문가 양성	2022.07.04. ~ 07.07.	축산물품질평가원	온라인	10
8	해남 한우 농가 유전능력 평가 기술 교육	2022.07.14.	한우 사육 농가 및 농업기술센터	해남군 농업기술센터	19
9	영남대학교 신규 연구 인력 및 전문인력 양성	2022.09.02.	영남대학교 대학원생 및 대학생	영남대학교	17
10	유전체(SNP) 분석 정보 활용 직원 교육	2023.12.18.	축산물품질평가원 직원	온라인	11

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	한우 주요 번식형질 유전체 육종기반 우수 암소선발 체계 활용	농림축산식품부	2022	
2	제안	한우 유전능력기반 출하시기 조절을 통한 사육기술 개선	농림축산식품부	2022	

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	인력 양성	2021		3			1	2		1	2		
2	인력 양성	2022	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			1	4			3	2		2	3		
3	인력 양성	2023	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			2	1			1	2		1	2		

산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	전시회	오프라인	AFTER2023 농림축산식품부 과학기술대전	2023. 11. 27. ~2023. 11. 29.

포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	대통령 표창	농림축산식품 과학기술대상	한우의 유전능력을 평가할 수 있는 유전자칩과 이를 활용하여 축산 현장의 농가 생산성 향상을 위한 유전능력 분석 시스템 및 농가 컨설팅 플랫폼 개발	(주)티엔티리써치 대표 박 명 흡	2022.11.28.	농림식품기술기획 평가원

[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)

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

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

- 해당 없음

#### (4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항

---

- 한우 개량 토털 솔루션 컨설팅 시스템 구축을 통한 개량의 효율화 및 가속화
    - 기존 육종 또는 사양분야 만의 독립적인 컨설팅 체계를 지양
    - 유전체 정보 기반 유전능력평가 및 맞춤형 사양정보를 제공하는 통합 컨설팅 체계 구축
  
  - 우량 암소 선발 기준 재설정 제시
    - 현재 한국종축개량협회에서 우량암소선정 기준은 도체 고급육 형질들 기반임
    - 본 과제에서 수행되는 번식형질들에 대한 경제선발지수를 조합하여 새로운 우량암소 선발 기준점 제시하여 번식/고급육을 동시에 개량하는 획기적인 선발지침을 제공
  
  - SNP chip을 이용하여 친부확인 및 유전체 능력을 동시에 평가하는 시스템 개발
    - 현재 초위성체 마커를 이용한 친부확인 검사를 SNP칩을 이용하는 분석체계 개발
    - 친부확인과 유전능력을 동시에 검사하여 경비절감 및 검정 효율성을 획기적으로 개선
  
  - 한우자료 통합 시스템의 저작권(프로그램) 등록 및 사업화
    - 혈통, 개체이력, 유전능력, 현장 컨설팅 활용을 위한 자료 통합, 파이프라인 구축을 통한 기존 독립기관별 자료들을 통합하고 및 원활한 flow 시스템 구축
    - 유전능력 평가 자동화 및 웹 기반 컨설팅 플랫폼 개발에 대한 저작권 등록
    - 기존 계획인 특허 대신 저작권 등록으로 변경하여 비즈니스 모델 설정을 통한 사업화
  
  - 사업화 조기 진행
    - 2023년 사업화 추진 예정에서 연구 진행이 빠르게 진행되어 조기 사업화를 진행
    - 한우 유전능력 평가 자동화 시스템을 통하여 오프라인 형태의 리포트 작성 가능으로, 일부 사업 및 프로젝트를 대상으로 서비스 진행
    - 웹 기반의 컨설팅 플랫폼의 일부 기능 구현으로 컨설팅 기업 및 기관을 대상으로 한 시범 서비스 수행
  
  - 산업 지원(기술지도)
    - 한우 유전체 유전능력 평가 사업의 활성화를 통하여 다른 축종 분야에서의 유전체 정보를 이용한 산업 적용 기술 개발의 관심도가 높아짐
    - 따라서 유전체 정보를 이용한 산업 기술 개발 및 적용이 가장 높은 한우 산업의 기술 현황과 산업 적용 방안 등에 대한 자문 요청, 기술교육, 관련 전문인력 양성에 기여
-

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 한우 공공 빅데이터와 유전체 통합 빅데이터 DB 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 유관기관의 DB 연계 및 데이터 연동</li> <li>○ 축산물이력제 및 축산물품질평가원 DB 연계</li> <li>○ 한우 유전체 데이터 규격에 맞춘 DB 설계</li> <li>○ 유전능력 평가를 위한 기반 데이터 수집 체계 설정 및 시스템 개발</li> <li>○ 시스템 및 컨설팅 플랫폼을 위한 통합 DB 구축</li> </ul>	100
○ 한우 유전능력 평가 자동화 시스템 및 데이터 관리 프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 통합 DB의 유전체 정보 통합 방안 및 규격 확립</li> <li>○ 통합 빅데이터 DB의 관리 시스템 개발</li> <li>○ 한우 경제형질 유전능력 평가 자동화를 위한 모델 및 최적화 방안 구축</li> <li>○ 한우 유전체 정보 업로드와 이를 바탕으로 한 유전능력 평가 자동화 시스템 개발</li> </ul>	100
○ 한우 농가 생산성 향상을 위한 웹 기반의 컨설팅 플랫폼 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 통합 DB와 유전능력 평가 결과를 이용한 한우 컨설팅 콘텐츠 개발</li> <li>○ 컨설팅 정보의 농가 전달력을 높이기 위하여 콘텐츠 디자인 수행</li> <li>○ 컨설팅 콘텐츠를 바탕으로 한 자동 리포팅 시스템 개발</li> <li>○ 현장 활용성을 높이기 위한 웹 기반의 컨설팅 플랫폼 구축</li> <li>○ 한우 경제형질(도체 및 번식)의 컨설팅 정보 전달을 위한 기능 및 분석 방안 개발</li> </ul>	100
○ 컨설팅 플랫폼 기반 온·오프라인 농가 서비스 및 비즈니스 모델 수립, 사업화 수행	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 온라인 및 오프라인을 대상으로 한 비즈니스 모델 수립</li> <li>○ 수립된 비즈니스 모델 실증을 위하여 일부 농가를 대상으로 한 시범 적용 수행</li> <li>○ 시범 적용 결과물에 대하여 만족도 조사 실시</li> <li>○ 홍보 및 마케팅을 위한 별도의 팸플릿, 홍보 영상 제작하여 배포</li> <li>○ SNS 및 유튜브를 이용하여 홍보 영상 및 개발 기술 소개</li> <li>○ 농가 시범 적용을 바탕으로 한 사업화 수행</li> <li>○ 시범 적용 농가 중 일부는 개발 서비스를 구매하여 사용하고 있으며, '24년도 지자체 한우 유전체 분석 사업에 개발 기술을 바탕으로 참여할 예정</li> <li>○ 현재 개발 기술의 이용 방안에 대하여 논의 중에 있으며 '24년 상반기 이내에 해당 기술 배포 및 상용화 가능</li> </ul>	100
○ 한우 암소 번식형질에 대한 유전능력 평가 최적 모델 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우 번식형질 유전체 선발을 위한 암소의 표현형 및 유전체 정보 수집</li> <li>○ 번식형질 참조집단 구축을 위한 데이터 필터링</li> <li>○ 암소 참조집단 구축 및 이를 이용한 유전능력 평가 방안 구축</li> <li>○ 번식형질 유전능력 평가 최적 평가 모델 개발</li> </ul>	100
○ 한우 도체 및 번식형질의 경제적 가중치 설정 및 선발지수 모델 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도체형질(출하시기별)과 소비형질을 이용한 새로운 선발지수 모델 개발</li> <li>○ 암소 번식형질과 고급육 형질을 기반으로 한 경제적 가중치 추정</li> <li>○ 한우 거세우 및 암소의 경제성을 평가하기 위한 선발지수 구축</li> </ul>	100

○ 한우 경제형질을 종합 평가하는 모델 개발 및 이를 이용한 유전체 선발체계 구축	○ 암소 번식·도체 고급육 형질 조합 경제적 가중치 및 유전체 육종가를 고려한 선발지수식을 활용한 암소 선발체계 구축	100
○ 한우 유전능력 평가를 위한 참조집단에 대한 연구	○ 한우 참조집단 2만 두에 대한 데이터 검수 ○ 참조집단의 환류 주기에 대한 모의 실험 수행 ○ 최적의 참조집단을 구축하기 위한 방안 수립 ○ 참조집단 환류주기와 설계를 기반으로 한 참조집단 관리 계획 수립	100
○ 한우 도체형질 예측을 위한 유전체 분석 최적 모델 개발	○ 한우 거세우 도체형질에 대한 최적 분석 모델 개발 ○ 거세우 출하시기에 따른 유전능력 평가 방안 수립 ○ 유전능력 평가 정확도에 영향을 미치는 요소에 대한 연구 ○ 유전능력 평가 정확도의 향상 방안을 마련하고, 이를 바탕으로 한 파이프라인 개발	100
○ 한우 경제형질 및 유전능력 자동 평가 시스템 개발	○ 한우 거세우 도체형질에 대한 최적 모델 설정을 통하여 암소 유전평가 정확도 74%달성 및 암소정보 환류를 통하여 암소 표현형 환류 2천두에 따라 추정육종가 1% 상승 확인 ○ 충남대학교 유전능력평가 모듈 개발(표현형, 혈통, 유전체 정보 관리 및 유전모수추정, 육종가 추정 파이프라인 구축)	100

#### 4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

---

##### ○ 정량적 성과 미달 사항 1 - 기술인증

- 본 연구과제를 통해 개발된 2개 제품, 웹 컨설팅 플랫폼 [한우스타]와 유전체 유전능력 분석 관리 시스템에 대한 기술인증 기준이 마련되어 있지 않음
- 유전체 유전능력 분석 관리 시스템의 경우 내부에 개발된 시스템 및 분석 파이프라인에 대하여 별도의 저작권 등록 2건을 진행
- 저작권 등록 과정에서 개발 시스템 및 분석 파이프라인에 대한 검토를 수행하였으며, 타 개발 제품과의 변별성, 분석 정확성에 대한 검증 후 저작권 등록 진행
- 해당 개발 기술에 적용된 분석 기술과 유전능력 분석 모델 등에 대한 별도의 인증 기준은 규정된 것이 없으며, 해당 인증에 대하여 진행할 수 있는 국내 기관이 없음
- 동일한 문제로 [한우스타]의 경우 개발제품에 대한 시스템적 검토 및 검증은 완료하였으나, 개발된 분석 모델, 컨설팅 콘텐츠 등에 대한 인증 기준이 마련되어 있지 않으며, 인증을 수행할 수 있는 별도의 기관이 존재하지 않아 인증을 진행할 수 없는 실정
- 현재 개발제품인 [한우스타]와 유전체 유전능력 분석 관리 시스템은 농촌진흥청 국립축산과학원과 농협중앙회 한우개량사업소에서 수행하고 있는 국가 개량사업에 이용
- 국가 개량 DB의 분석 결과를 탑재하고, 지자체 한우 유전체 분석 사업의 관리 기관 및 참여 농가를 대상으로 개발제품 [한우스타]와 유전체 유전능력 분석 관리 시스템의 기능을 제공
- 지자체 한우 유전체 분석 사업 및 국가 개량 DB의 분석 결과 탑재 과정에서 농촌진흥청 국립축산과학원에서 개발제품에 대한 기능 및 시스템 검증을 수행하였음

##### ○ 정량적 성과 미달 사항 2 - 정책활용

- 1단계 2년차까지의 연구 결과를 바탕으로 정책활용 2건으로 [한우 주요 번식형질 유전체 육종가 기반 우수 암소선발 체계 활용]과 [한우 유전능력기반 출하시기 조절을 통한 사육기술 개선] 제안
  - 3년차의 주요 연구 결과 중 하나인 한우의 주요 경제형질에 대한 다중 검증을 통한 개체 선발 체계 기술을 적용하여, 한우 거세우와 암소에 대한 최적 선발 기준을 바탕으로 농가의 사육 두수 조절 방법에 대한 정책을 제안하기 위해 연구 결과를 바탕으로 한 근거자료 작성 중에 있음
  - 3년차 하반기 한우 농가의 럼피스킨병 발병으로 인하여 정책 제안 근거 데이터 확보에 어려움이 있었으며, 이로 인하여 정책 제안을 부득이하게 2024년으로 연기
-

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

---

- 한우 자료 통합 시스템 활용으로 인한 한우산업, 효율적 개량을 위한 인프라 구축
    - 기존 혈통(한종협), 도체(축평원), 유전능력(축산원) 기관별 자료들을 통합하고 활용하는 시스템을 구축하여 한우현장에서 매우 효율적으로 활용하는 인프라를 제공
  
  - 한우 개량 토털 솔루션 컨설팅 시스템 구축을 통한 개량의 효율화 및 가속화
    - 기존 독립적인 육종/사양 컨설팅을 유전체 기반 통합 컨설팅 체계 구축으로 효율적인 한우 생산에 크게 기여, 인력양성 및 수익구조 창출
    - 한우 참조집단 환류: 암소 유전체 사업을 통하여 개량용암소 선발 후 도축되는 암소의 표현형을 참조집단으로 환류시 암소 2천두에 대해서 추정 육종가의 정확도 1% 향상
    - 암소 유전체 사업에 참여하는 대상농가의 암소 정보를 2년에 한 번씩 표현형 확보 및 참조집단에 환류 가능
    - 거세우 유전체 육종가 기반 표현형(최종등급) 예측 회귀식 개발: 현장 시범 사업후, 한우스타 모듈에 탑재 예정
  
  - 한우 번식형질, 도체 고급육형질 선발지수식 개발 및 활용을 통한 암소 능력평가 체계 구축
    - 유전체 육종가를 기반 선발지수식 뿐만 아니라 주요 번식형질 경제적 가중치를 설정한 유전체 육종가를 기반으로 번식형질 선발지수식 개발하여, 번식형질과 도체 고급육형질을 조합한 경제적 선발지수식을 활용함으로써 암소 번식 및 고급육 유전능력을 동시에 평가하는 선발체계를 구축하였음
  
  - 한우 씨수소 및 암소 선발 체계의 획기적 개선
    - 기존 한우 주요 개량 형질은 고급육 도체형질 중심임
    - 본 과제 수행을 통하여 번식형질을 포함한 선발체계를 구축하여 획기적 선발지침 제공
    - 한우농가의 수익성 및 한우산업의 경쟁력 향상에 크게 기여
    - 마블링에서 마블 섬세도로 개선된 형질을 적용하여 생산 효율성, 수익성 증대에 기여
    - 암소 유전체 육종가 추정의 정확도 향상 및 암소 경제지수를 이용한 선발 선발지수 4종 개발
  
  - SNP chip을 이용한 친부모확인 및 유전능력 평가
    - 현재의 초위성체 마커를 이용한 친부확인 검사를 SNP칩으로 전환하여
    - 친부확인과 유전능력을 동시에 검사하여 경비절감 및 한우 개량에 크게 기여
    - 암소의 유전체 자료를 보유하고 있는 농장의 경우, 태어나는 송아지를 대상 어미 찾기 가능
    - 부모 친자확인을 통해서 농가의 정확한 혈통관리 가능
-

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
국외논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
국내논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
특허출원	국내	1	
	국외		
	계	1	
특허등록	국내	3	
	국외		
	계	3	
인력양성	학사		
	석사		
	박사		
	계		
사업화	상품출시		
	기술이전		
제품개발	공정개발		
	시제품개발		
비임상시험 실시			
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	
		2상	
		3상	
	의료기기		
진료지침개발			
신의료기술개발			
성과홍보		1	
포상 및 수상실적			
정성적 성과 주요 내용			

### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 2025 축산현안대응산업화기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 2025 축산현안대응산업화기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.