

낙농 연구 최신 동향

오 준 표

Oh, Joonpyo

(서울대학교)

(Seoul National University)

Curriculum Vitae

- ▶ 2026~현재 서울대학교 국제농업기술대학원 조교수
- ▶ 2018~2026 카길애그리퓨리나 축우기술연구 부장
- ▶ 2015~2018 미국 펜실베니아 주립대학 박사 후 연구원
- ▶ 2011~2015 미국 펜실베니아 주립대학 반추동물영양 박사
- ▶ 2009~2011 서울대학교 동물생명공학 석사
- ▶ 1998~2006 서울대학교 동물자원과학 학사

RECENT TRENDS IN DAIRY RESEARCH

낙농연구 최신 동향

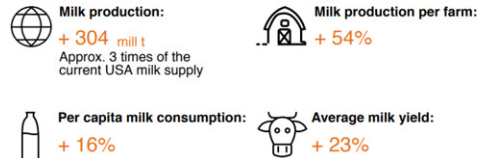
오준표

서울대학교 국제농업기술대학원

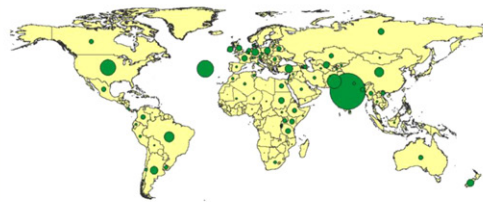
세계 낙농시장

- 2023년 세계 우유 생산량 약 9억 6,570만 톤 (전년대비 +1.5%)
- 2030년 전망: 세계인구 87억명으로 증가, 인당 우유 섭취량 증가
- 수요 연 1.5% 증가 vs 공급 제약 → 약 1,000만 톤 부족 가능성
- 생산 편중 심화: 인도·파키스탄이 증가량의 절반 이상, EU 정체
- 낙농 농장 사이즈 29% 증가

THE DAIRY WORLD 2017 vs. 2030



ABSOLUTE VOLUME CHANGE IN WORLD MILK PRODUCTION 2017 vs. 2030

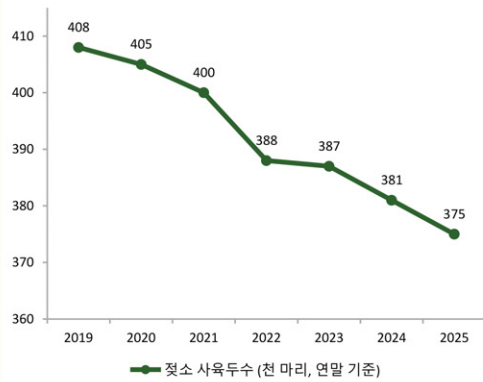


RECENT TRENDS IN DAIRY RESEARCH

IFCN Dairy Outlook 2030; IFCN Dairy Report 2025

우리나라 낙농 현황

사육두수는 5년째 감소, 그러나 마리당 산유량 상승으로 원유 생산은 유지



37.5만 마리

2025.12월 젖소 사육두수
(전년 대비 -1.9%, 5년 연속 감소)

+3.1%

마리당 일평균 산유량
2025년 2분기 전년 대비 (생산성 향상)

195.1만 톤

2025 연간 국내 원유 생산
(전년 대비 +0.5%, 사실상 보합)

고령화

경영주 50대 이상 76.8%
70대 이상 13.4%로 증가

후계자 부재

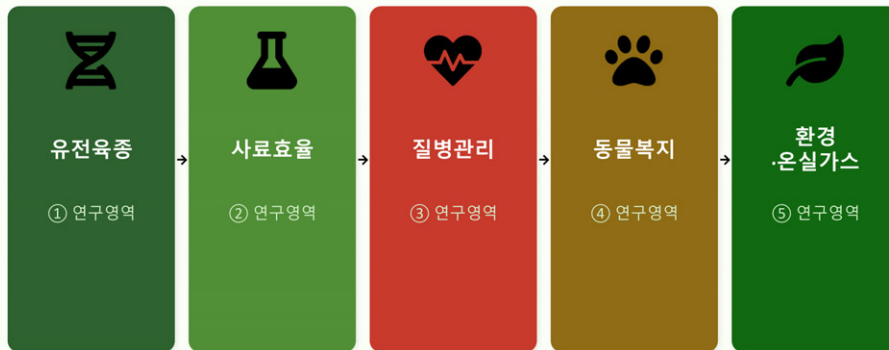
후계자 없는 농가 38.9%
폐업 고려 4.2%

환경 규제

퇴비부속도 검사 의무화
폐업 사유 25.9%

KREI 축산관측 젖소 (2025.3~2026.3), 2024 낙농경영실태조사

글로벌 낙농 연구 동향



유전육종 연구의 흐름

Early 20th

- Systemic phenotypic data collection
- Driven by the need to increase milk production
- Dairy Herd Information Associations in early 1900s

1980s

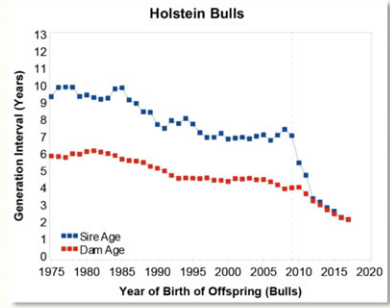
- Various traits: performance, reproduction and fertility, cow longevity, health and welfare, and environmental efficiency (e.g. feed efficiency, meth-ane emissions)

Late 1990s

- Need and opportunity to develop more complex selection objectives
- Growing importance(health, welfare, and fertility-related traits): difficult to measure and low heritabilities => large-scale recording

From 2000s

- Genomic selection (2009 in US)
- Increased annual genetic progress, breeding value accuracy, selection intensity, reduce generation interval
- High density DNA genotyping: identification and elimination of genetic defects



- Progeny testing(후대검정) → Genetic selection (유전체 선발)
 - ✓ 세대 간격 감소, 육종가 정확도 상승
- Changes of traits in breeding programs
 - ✓ Milk production and reproduction → **efficiency, health, welfare, climate, resilience (stress, diseases)**
- Traits for automated devices for precision livestock
- Gene editing for 유성분, 질병저항, 고온스트레스, CRISPR/Cas9

Table 4. Yearly unit change in mean genomic predicted breeding values (PBV) before and after genomic evaluation for Holstein and Jersey bulls^a

Breed	2000	2005	Before genomic selection yearly unit change	2009	2017	After genomic selection yearly unit change	Change (%)
Holstein bulls							
Milk (kg)	-285.00	27.00	34.71	126.07	607.00	62.30	79.49
Fat (kg)	-15.96	1.73	1.87	-0.96	43.52	1.94	101.55
Protein (kg)	-6.50	0.03	0.98	1.90	27.70	2.67	192.25
SCS	6.20	6.00	-0.02	6.00	5.70	-0.03	50.00
Productive life (mo)	-5.00	-0.40	0.51	0.20	7.10	6.77	90.10
Daughter pregnancy rate (%)	-2.40	-1.80	0.07	-1.20	0.10	0.14	114.03
Longevity	-2.40	1.00	0.28	1.10	2.20	0.16	-66.71
Jersey bulls							
Milk (kg)	-720.00	-23.00	77.75	-100.00	307.00	61.76	-20.57
Fat (kg)	-17.20	2.50	2.19	0.54	21.90	2.37	8.45
Protein (kg)	-10.04	-0.46	2.07	-2.00	17.90	2.11	6.87
SCS	6.03	5.98	-0.01	6.12	5.99	-0.01	133.13
Productive life (mo)	-2.96	0.43	0.49	-0.05	2.19	0.82	-24.63
Daughter pregnancy rate (%)	0.97	-0.04	-0.11	1.07	-1.45	-0.28	150.00
Longevity	-1.26	1.04	0.29	0.56	-1.09	-0.27	-101.20

Brito et al., 2025; Guinan et al., 2023

유전육종 연구 방향(회복탄력성, 메탄가스, 동물복지)

회복탄력성(Resilience)

- ✓ 고온 스트레스 적응 형질
- ✓ 대사성질환 회복
- ✓ 유전자 조작(PRLR: SLICK coat)

메탄 저감(Enteric methane)

- ✓ 유전력 0.15-0.35. 상가적
- ✓ other proxies: FA, microbes
- ✓ 메탄 측정 어려움 → 착유기와 급여기 부착 측정기 이용

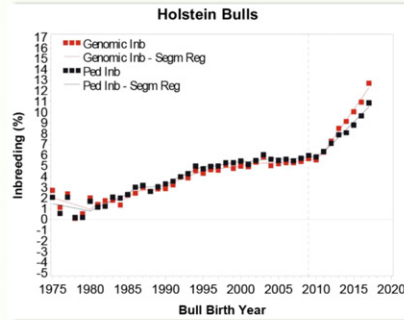
동물복지(Welfare)

- ✓ 기질(Temperament)도 유전 가능한 형질
- ✓ 중간-높은 유전력

생산과 번식에 더해 health, welfare traits, climate change 등 사회적 기대에 부합. Breeding program에 포함

Wang et al., 2025; Subedi et al., 2022; Brito et al., 2025

유전육종 연구 방향(자동화기기, 근친교배)



- 로봇착유기(AMS), 웨어러블 센서 등 기기에 잘 맞는 유전 특성
- ✓ 유두 모양 위치, 비유 속도, 동물 적응 행동
- 유방 모양은 높은 유전력 - AMS가 데이터 제공

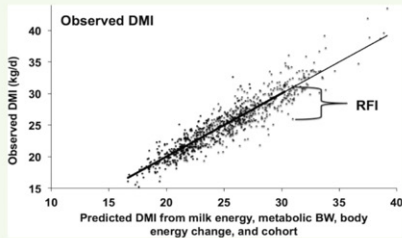
- 유전적 다양성 유지 중요하나, 근친교배율 지속적 상승
- ✓ 1% 근친교배 상승은 0.13%의 표현형 감소
- 유전 데이터를 이용한 근친교배 회피
- 유전자 조작, 근친교배 지수 이용

Brito et al., 2025; Guinan et al., 2023

사료효율

사료비 절감과 환경부담 저감에 효과

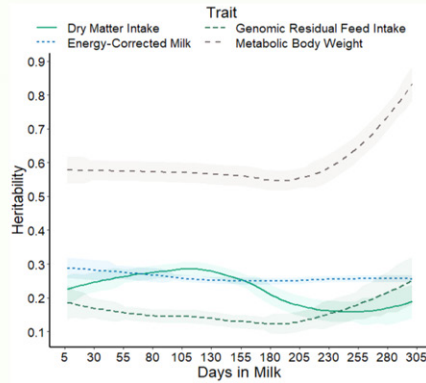
RFI(섭취잔차, Residual feed intake)



RFI = 실제 - 예측 섭취량(유량, 체중 기반)

음(-) RFI = 효율적 = 선발 목표

섭취량 측정에 높은 비용 소요 → 자동 측정기 + 머신러닝 분석으로 정확도 개선

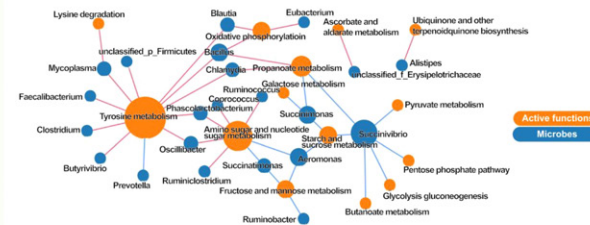
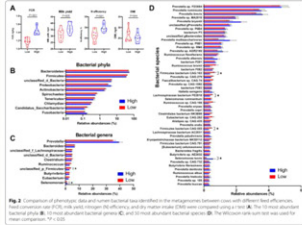


RFI 유전력은 상대적으로 낮으나 선발 가능

Houlahan et al., 2024

사료효율 - 반추위 미생물과의 관계

Multi-omics study(metagenomics, metatranscriptomics, metabolomics)

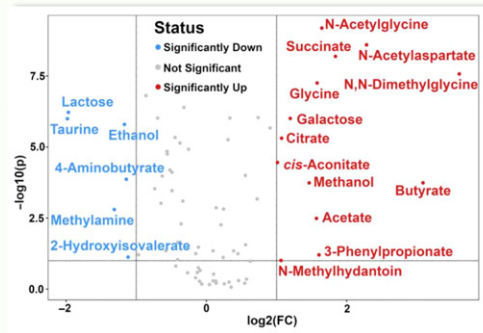


- 멀티 오믹스 스테디로 미생물과 젖소의 사료효율의 상호관계 규명
- 미생물을 사료효율에 대한 추정 마커로 이용 가능? *Selenomonas bovis* in high efficiency
- 반추 미생물 유전자 편집 및 억제 - CRISPR/Cas9 technology → 동물적용 미지수

Xue et al. (2022) Microbiome ; Khan et al. (2024)

질병관리 - 멀티오믹스 기반 연구

- 대사성 질병 → 혈액 면역 지표, 혈청·분변·소변·반추위 대사체, 장내·반추위·우유 미생물군 변화
- Multi-omics study(metagenomics, metabolomics)를 통한 질병 관련 biomarker 발굴
- 체세포수(SCC)나 CMT 검사에서 유성분, 행동, 대사체, 미생물체, 머신러닝 분석으로 변화



Volcano plot indicating the changes in urine samples between healthy and clinical mastitis cows (Zhu et al., 2023)

Zhu et al., 2023; Li et al., 2025

질병관리 - AI 기반 조기 진단

AI-IoT 질병/건강 모니터링

ML 기반 질병 탐지

유방염 및 파행 자동 감지
Random Forest-딤러닝 모델 (Astuti et al., 2026)

AI + IoT 수의 진단

스마트 수의 질병 탐지 시스템
실시간 개체 모니터링 (Bhandwalkar and Jadhav, 2026)

분만 모니터링

분만-신생 송아지 건강 관리
센서 기반 조기 개입 (Mee, 2024)

행동-생산성 연계 분석

행동 이상 → 질병 예측 알고리즘
사전 예방 프로토콜 수립 (King and DeVries, 2024)

- 로봇착유기, 센서, 영상, 우유 전도도, 산유량, 반추, 활동량 등의 live farm data
- 데이터의 종류 및 특성에 맞는 machine and deep learning model 사용
- 기존 방식(SCC, CMT, 육안 판별) 보다 조기에 발견
- 개체별 위험도, 발병 가능성, 질병 단계, 치료 우선순위를 제시하는 decision-making tool

Astuti et al., 2026

동물복지 연구

- 동물복지는 사회적 요구 및 생산성과 연결
- 유럽 Welfare Quality® Assessment Protocol(2009), 미국 FARM Animal Care Program (2009), 뉴질랜드 Code of Welfare(2019)
- 파행(lameness), 유방염, 행동 및 휴식 제한(공간 문제), grooming 등 comfort behavior(브러시), 대사성질병(ketosis, DA, milk fever, SARA)
- 연구의 증가: 방목 시스템에서 복지에 대한 연구 숫자 매년 16편에서 60편으로 증가(2000-2024)

젖소 복지관련 최근 연구 예시

■ 행동 지표 타당성 검증

동물 기반 복지 지표 검토 및 검증
(Linstädt et al., 2024)

■ 자유우사 vs 계류식

계류식 대비 자유우사가 복지 우수
(Beaver et al., 2021)

■ 환경 개선

장난감-브러시 도입으로 부정 행동 30% 감소 (Russell et al., 2024)

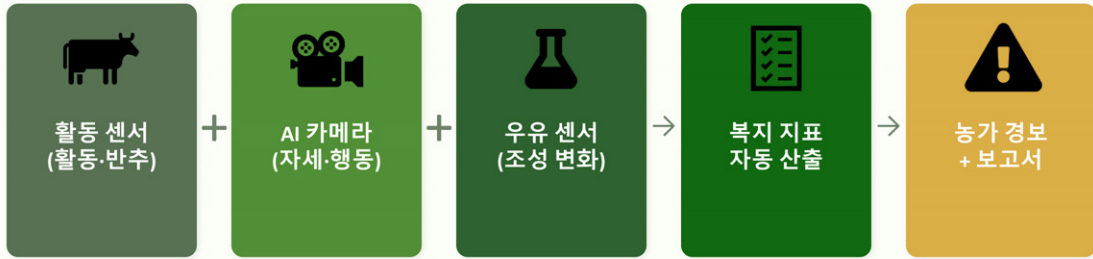
■ 송아지 사육

Individual vs. Pair housing → 사회적 및 스트레스 반응에 유리, 건강이나 성장에는 차이 없음.
(Bučková et al., 2025)

Krueger et al. 2020, Verdon et al., 2025

동물복지와 자동화

Welfare Monitoring



- IDSW(Integrated Diagnostic System Welfare) 센서기반 동물복지 자동 모니터링 가능
- 알고리즘 검증, 농장 적용성, 데이터 표준화 필요

Kueger et al., 2020

온실가스 - 메탄저감기술

<장내발효메탄을 저감시키는 효과적인 방법>

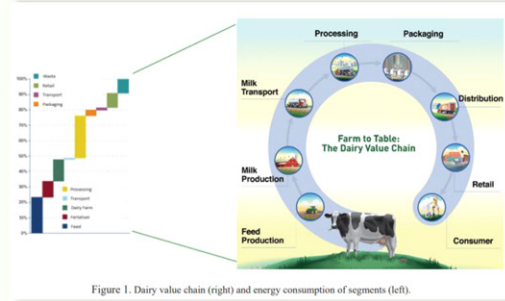
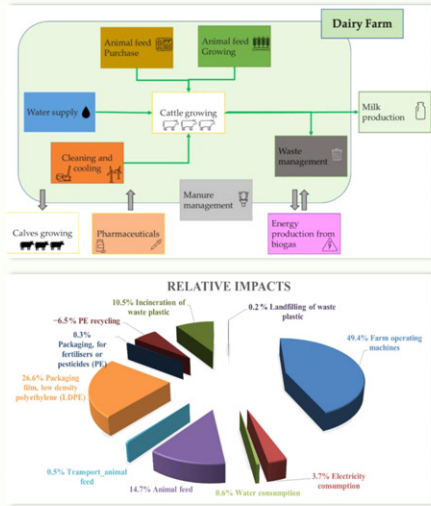
	MITIGATION STRATEGY	POTENTIAL EMISSIONS REDUCTION	RELEVANT PRODUCTION SYSTEM
Product-Based Reductions	1 INCREASING FEEDING LEVEL	CH ₄ -17% CH ₄ No Data	
	2 DECREASING GRASS MATURITY	CH ₄ -13% CH ₄ No Data	
	3 DECREASING DIETARY FORAGE-TO-CONCENTRATE RATIO	CH ₄ -9% CH ₄ -9%	
Absolute Reductions	1 CH ₄ INHIBITORS	CH ₄ -52% CH ₄ No Data	
	2 TANNINIFEROUS FORAGES	CH ₄ -18% CH ₄ No Data	
	3 ELECTRON SINKS	CH ₄ -13% CH ₄ -12%	
	4 OILS & FATS	CH ₄ -12% CH ₄ -22%	
	5 OILSEEDS	CH ₄ -12% CH ₄ No Effect	

Additive	Efficacy		
	CH ₄ reduction potential ¹	No. of academic papers ²	Confidence in efficacy ³
3-Nitrooxypropanol	Very High	>20	5
Asparagopsis	Very High	>10	1
Nitrate	High	>20	4
Essential Oils	Low	>20	2
Saponin	Low	>10	1
Tannins	Low	>10	2

- 사료조성 및 원료 변화, 기능성 첨가제 (3-NOP, 바다고리풀, 질산염제)
- 생산물 고려 메탄 발생량(메탄 강도)

Arndt et al., 2022; Global Research Alliance, 2021

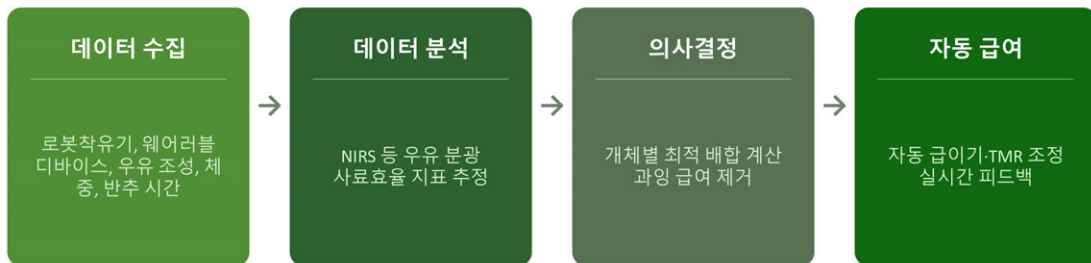
온실가스 - 전과정평가(LCA)



- 전체 생산 단계에서의 자원이용 및 온실가스 배출 분석
- 저감 전략, 수익 창출, 농장관리

Zanni et al., 2022

개체별 정밀급여



- 환경적인 지속가능성과 수익성 강화를 위한 정밀 영양 필요
- 실시간 데이터 수집, 정밀 영양 모델, 자동 시스템, AI 분석 모델은 젖소 개체에 대한 정밀 급여가 가능하게 함
- 개체별 사료 섭취량 측정에 어려움, 설비와 기술에 대한 투자

Martins and Hristov (2026)

감사합니다

Graduate School of International Agricultural Technology (GSIAT) | Seoul National University | Pyeongchang Campus