

보도 시점 2026. 8. 3.(월) 11:00
8. 4.(화) 조간 배포 2026. 8. 3.(월) 06:00

농촌진흥청, 돼지 장기 이식 거부반응 낮출 ‘형질전환 세포주’ 구축

- 면역거부 유발 유전자 기능 없애고, 혈전·염증 조절 유전자 2종 삽입
 - 목표 유전자 자리에 정밀 삽입…단백질 발현과 기능 확인
 - 국내·국제 특허 출원 완료…형질전환 복제돼지 생산 추진

농촌진흥청(청장 이승돈)은 사람에게 이식하는 돼지 장기에서 나타날 수 있는 면역거부반응과 혈전·염증 반응을 줄이기 위한 형질전환 돼지 생산용 세포주를 구축하고, 국내 특허와 특허협력조약(PCT)에 따른 국제출원을 마쳤다고 밝혔다.

돼지 장기는 크기와 기능이 사람 장기와 비슷하지만, 사람에게 이식하면 면역체계가 돼지 장기를 이물질로 인식해 공격한다. 이 과정에서 면역거부반응과 혈전, 염증 등이 발생해 이식 장기의 기능을 유지하기 어렵다. 이를 줄이기 위해 면역거부반응을 일으키는 돼지 유전자의 기능을 없애고 사람 유래 면역 조절 유전자를 도입하는 연구가 진행되고 있다.

국립축산과학원이 이번에 구축한 형질전환 세포주는 돼지의 B4GALNT2 유전자 기능을 없애는 동시에 그 자리에 사람 유래 면역 조절 유전자 2종, CD39와 CD73을 삽입한 것이다. B4GALNT2는 돼지 장기를 사람에게 이식할 때 면역거부반응을 유발하는 유전자 가운데 하나다. 연구진은 CD39와 CD73을 목표 유전자 자리(좌위)에 정밀하게 삽입해 혈전과 염증 반응을 조절하도록 설계했다.

연구진은 유전자가 정확히 삽입됐는지 확인한 뒤 단백질 발현과 기능도 검증했다. 세포별 단백질 발현을 측정하는 유세포 분석(flow cytometry) 결과, CD39 단백질은 94.8%, CD73 단백질은 99.0%의 세포에서 확인됐다.

단백질 발현량은 대조군보다 각각 최대 25배, 73배 높아 두 유전자가 대부분의 세포에서 안정적으로 발현되는 것으로 나타났다.

기능 분석에서도 염증반응을 촉진하는 세포 밖 ATP(아데노신삼인산)이 빠르게 감소했다. 반면, 면역·염증 반응을 완화하는 아데노신(adenosine)은 대조군보다 최대 26배 늘었다. 즉, 삽입한 CD39와 CD73이 단순히 발현되는 걸 넘어 염증 관련 신호를 실제 조절 기능을 수행한다는 것을 확인했다.

연구진은 본 기술의 원천 권리를 확보하기 위해 지난해 6월 국내 특허* 출원에 이어 올해 5월 특허협력조약(PCT)에 따라 국제 특허** 출원도 마무리했다. 아울러, 해당 세포주를 활용한 형질전환 복제돼지 생산 연구를 지속하고 있다.

* 국내 특허명: 돼지 B4GALNT2 유전자 좌위에 인간 CD39 및 CD73 유전자가 녹인된 형질전환 세포주 및 이의 용도(출원번호: 10-2025-0081722)

** 국제 특허명: 국내 출원을 기초로 같은 발명에 대해 특허협력조약(PCT)에 따라 출원(출원번호: PCT/KR2026/097170)

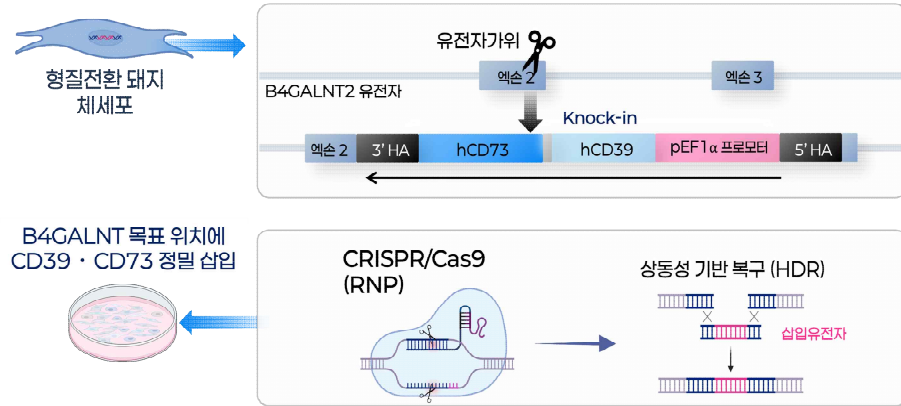
앞으로 연구진은 이 세포주를 활용해 생산한 형질전환 돼지에서 B4GALNT2 유전자 기능 상실과 CD39·CD73 유전자의 발현 여부를 개체 수준에서 확인할 계획이다. 또한, 면역거부반응과 혈전·염증 조절 기능을 검증하고, 그 결과를 바탕으로 이종 이식용 돼지 개발에 필요한 다양한 유전자 조합을 고도화 할 예정이다. 검증을 마친 돼지는 다음 이식 연구에 활용된다.

농촌진흥청 국립축산과학원 동물바이오유전체과 이경태 과장은 “이번 연구는 이종 이식용 돼지 개발에 활용할 세포주를 구축하고, 도입한 유전자가 안정적으로 발현되고 실제 염증 관련 신호를 조절하는 기능까지 확인한 성과다.”라며, “앞으로 형질전환 돼지를 생산해 개체 수준에서 기능을 검증하고 후속 이종 이식 연구로 이어가겠다”라고 전했다.

붙임. 이종 장기 거부반응 정밀 제어 기술 개요

담당 부서	국립축산과학원 동물바이오유전체과	책임자	과 장	이경태 (063-238-7250)
		담당자	연구사	김상은 (063-238-7270)
농업의 모든 것, 농사로				

□ 이종이식용 형질전환 세포주 제작 기술 개요



그림설명: 돼지 장기 이식 시 면역거부반응에 관여하는 돼지 B4GALNT2 유전자의 기능을 없애고, 그 위치에 사람 유래 CD39·CD73 유전자를 삽입해 형질전환 세포주를 만드는 과정을 나타냈다. 개발한 세포주는 혈전과 염증 반응 조절하도록 설계했으며, 유전자 삽입뿐 아니라 단백질 발현과 기능도 단계적으로 확인했다.