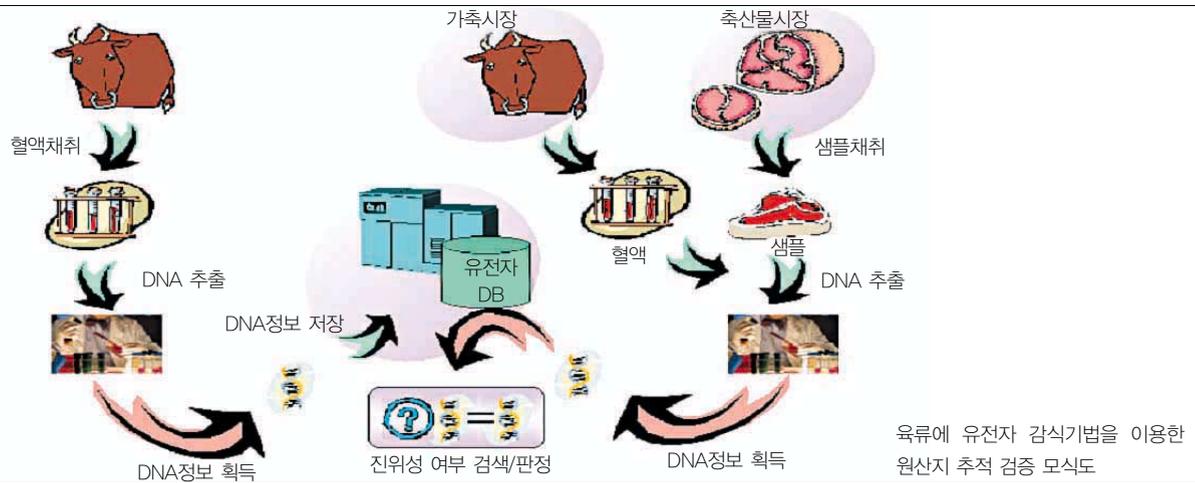


2

환경과 조화되는 '新자원' 창출



글_ 이학교 한경대학교 생명공학과 교수 breedlee@empal.com

최 근 특정경제형질(성장)위주의 선발 개량으로 유전적 다양성이 급감되어 새로운 환경변화에 대응한 유전자원의 고갈이 문제가 되고 있어 이에 따라 지속가능한 축산업 발전의 위기를 초래하고 있음은 물론이고 국내의 경우 수입개방에 따라 유사한 품질의 축산물 생산으로는 더 이상

의 축산업 유지가 어렵게 됨에 따라 차별화 품질을 가진 축산물 생산을 서두르고 있다. 이는 다양한 육종자원(재래종 등)을 지역 및 사육환경조건에 맞게 특성화하여 상품화를 도출하는 것이 매우 중요하며, 또한 축산물에 대한 소비패턴의 변화에 능동적 대처와 특정질병저항성 종축의 육종을

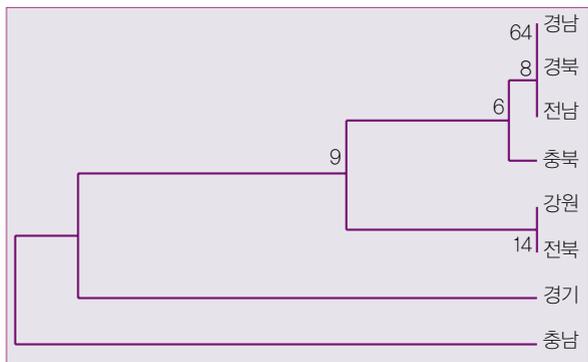
가축의 복제

21세기 '생명의 판도라 상자' ... 복제기술

글_ 이병천 서울대학교 수의과대학 교수 bclee@snu.ac.kr

아프리카 지역에서는 영양 결핍과 질병으로 매년 수많은 인간이 죽어 간다. 가까운 우리의 이웃에서는 우리 동족이 기아선상에서 고통을 받고 있다. 사회학자들의 분석에 의하면 커다란 국지전이나 세계 대전은 대개 식량과 인구의 불균형이 심화된 시점에서 발생했다고 한다. 일부 논자들은 지구에서 생산되는 식량의 절대량은 세계 인구를 충족시키고도 남는다고 한다. 단지 왜곡된 경제 체제

와 분배 구조가 문제라는 지적이다. 일응 타당한 논리일 수도 있다. 그러나 자본주의와 시장 경제원리가 거역할 수 없는 세계적 조류인 현실에서 이와 같은 이상적 지적이 현실적 대안이 될 수 있겠는가 하는 점에서 우리는 의구심을 갖게 된다. 개간이나 간척사업 등으로 아무리 재배면적을 확대시켜도 개발이나 사막화에 의해 잠식당하는 경작지를 상쇄할 방안은 되지 못한다. 재래 영농기술



국내 지역별 한우집단지 유전특성에 근거한 유연관계도

위해 현행의 육종방법에서의 개량의 효율성을 뛰어넘을 수 있는 새로운 대안의 필요성이 요구되고 있다. 이러한 시점에서 90년대초부터 진행되어온 동물분자유종학의 본격적 실용화 접근 방법의 도입이 시급하다. 이 종자개량의 유전적 개량 속도측면과 기존의 개량 방법의 보완 및 한계를 극복할 수 있을 것으로 기대되는 몇 가지 첨단응용기술을 주목할 필요가 있다.

다양한 환경에서 조사된 가축의 생산능력 정보를 혈통의 적절한 연결성에 의해 개체별로 정확한 유전가를 추정해 내는 육종 통계분석 기법(BLUP-animal model)이 대용량의 컴퓨터가 등장과 함께 더욱 위력을 발휘하게 되었으며 이러한 결과는 '90년대에 들어서면서 후보종축을 모아서 검정

한 후 선발하게 되는 중앙검정소 체계에서 농장단위에서 직접 조사된 자료를 근거로 하는 농장검정체계로의 일대전환이 일어나게 되었고 현재는 국가전체의 혈통확인이 가능한 모든 동물집단을 거대한 단일 개량집단으로 통합시키는 효과를 가져오게 되었다.

둘째로는 현재 가축의 개량 대상 형질(육질 등)로 관심이 집중되고 있으나 후대축의 도축과정을 거쳐야 조사자료를 얻게 되어 장시간이 걸리던 한계를 극복할 수 있는 초음파 기법을 이용한 생체단면적 측정기술이 미국 앵거스협회의 개량프로그램에 처음 도입되어 성공적인 결과를 얻음에 따라 기존의 개량 체계의 획기적인 변화가 예고되고 있으며 핵자기공명 (MRI, NMR) 기법을 통한 생체상태에서 도축 후에야 확인이 가능한 형질의 조사를 위한 비파괴 측정 기법의 개발은 또 다른 가축개량의 전환점을 이룰 수 있을 것으로 생각된다.

셋째로는 게놈분석 기술을 활용하여 가축의 경제형질에 영향을 주는 주유전자 효과 및 원인 유전자를 밝혀 내는 분자유전 기법의 실용화로 기존의 개량기술과 연계한 보다 정확한 저비용의 개량체계인 분자유종 체계를 구축할 수 있을 것으로 예측된다. 넷째로 최근 세포공학 기술의 발전에 힘입어 가축육종의 강력한 수단으로 활용되고 있는 수정란이식 기술(MOET)은 이미 가축육종에서는 강력한 도구로 활

은 농작물의 소출량을 향상시키기에는 이미 한계점에 닿았다. 전세계의 먹거리 총량은 정체 또는 감소되고 있으나 지구 인구는 아직도 증가 일로다. 이러한 우리의 현실을 해결할 방안은 전쟁이나 치사율이 높은 전염병으로 강제적 인구 도태를 유도하든지, 인간의 소화 생리를 변화시켜 먹지 않고도 살아갈 수 있게 하거나, 신기술을 개발하여 식량증산을 달성하는 방법 밖에는 없다. 이성적 판단력을 지닌 인간이 택할 수 있는 방안은 자명하다.

죽음의 고통에 짓눌리던 어린 백혈병환자, 치매상태의 가장을 구원하느라 정상적 사회활동을 포기해야 했던 가정, 난치성 질병으로 생의 중간지점에서 날개를 접어야

했던 엘리트중견인, 이들에게 환한 미소를, 활기찬 삶의 역동을, 재도약을 향한 날갯짓을 가져다 줄 수 있는 길은 무엇일까. 현대의학은 이들에 대한 완벽한 해법을 제시하지 못하고 있다. 그러나 미래 생명공학기술은 우리에게 해결의 실마리를 던져주고 있다.

식량·질병·에너지 - 21세기 숙제 해결의 열쇠

생물복제기술을 중심으로 한 생물공학기술은 인류의 영원한 3대 숙제인 식량, 질병, 생태 및 에너지 문제를 해결할 수 있는 열쇠를 우리 손에 넘겨줄 것인가의 여부를 숙고하고 있는 것 같다. 우리는 이 열쇠를 넘겨받아 안락

용되고 있으며 이러한 세포공학적 기법과 유전체정보를 통한 유용유전자 탐색 기술의 결합은 분자유종이라는 신기원을 예고하고 있다. 이러한 기술체계를 넘어 최근의 유전체 연구를 통해 실체가 확인된 유용유전자를 외래종에 전이시키는 형질 전환기술(transgenetic animal)과 이미 확인된 우수 가축을 멘델리안 오차(mendelian sampling effect) 없이 그대로 복제해내는 세포공학적 기술의 진전은 또 다른 차원의 생물 산업 가능성을 예견하고 있다. 그러나 이러한 복제기술의 가축개량 수단으로의 성급한 수용에는 몇 가지 심각한 문제를 가지고 있다. 즉 소수 특정한 가축의 복제를 통한 종자가축의 증식활용은 유전자원의 다양성에 치명적 혼란을 야기시켜 미래의 육종 소재를 원천적으로 봉쇄하는 우를 범하게 되어 자연자원의 대재앙으로 발전될 개연성이 상존하는 현실을 직시해야 하며 이러한 이유에서 가축육종을 위한 기술적 활용에는 대단히 신중한 검토가 요구되고 있다. 따라서 보다 다양한 유전특성을 보유한 유전자원의 확보를 기반으로 이를 활용한 가축의 개량을 극대화할 수

〈표 1〉 품종의 다양성(동물유전자원 보존 및 이용 방안 연구; 농림부)

축종	품종수							
	현재 계		멸종위험		널리 이용중		멸종(최근50년)	
	지적	외래	지적	외래	지적	외래	지적	외래
소	5	3	3		2			
면양	2	0	2					
산양	2	4	1		1			
말	1	8			1	1		
당나귀	1							
돼지	4	3	1		3		1	6
닭	7	1			4			2
칠면조		2						
오리	3	1			3			
거위	1	3	1					
토끼	8		4		1			
사슴	1	4			1	2		
메추리	1				1			1

1. 지적: 지역 적응성 품종 또는 재래품종
2. 외래: 최근 도입 품종 및 지속도입품종

있는 응용기술들을 도입하는 것이 필요하리라 생각 된다.

하고 희망찬 21세기 삶의 지평을 열어갈 것인가, 고통과 갈등을 함께하는 20세기적 생활양식을 답습할 것인가의 기로에 서 있다.

21세기 과학기술의 핵심이자 판도라의 상자라고도 할 수 있는 생물복제기술이다.

좀 더 효율적으로 성장하는 우수한 형질을 가진 소와 돼지를 만들어 내려는 노력은 식량을 목적으로 가축을 사육하기 시작한 먼 과거로부터 계속되고 있다고 할 수 있을 것이다. 유전적 진보는 유전적 다양성을 탐색하고 그 중 우수하다고 여겨지는 몇몇의 제한된 개체만을 대량으로 번식시키는 기술에 달려있다. 산업적으로 중요한 몇 가지 유전특성은 그것을 완전히 밝혀내려 해도 환경요인에 의해 심하게 영향을 받아 개체의 유전적 장점을 정확하게 파악하기가 어렵다. 일례로 젓소에서 경제적 손실을 초래하는 주요 질병인 유방염과 부제병 등에 대한 감수성



2003년 국내에서 생산된 복제 돼지

문제를 들 수 있다. 여기 사료효율이 매우 좋은 젓소가 한 마리 있다고 가정해 보자. 이 젓소는 빠르게 성장하고 우유의 생산량도 높아 축산업의 성장에 활력소가 될 것으로 기대되어 다량으로 번식되었다. 그러나 실제로 번식된 자손들은 유방염에 쉽게 감염되어 산업적으로 이용가치가 없는 소로 전락하였다. 형질이 우수한 젓소를 번식에 이

〈표 2〉 가축에서 탐색한 경제형질 연관 주요 유전자

구 분	경제형질 내역	경제형질 연관 유전자
성장 및 경제 형질 관련 유전자	등지방두께와 복부지방, 등지방과 생체중 등	PRT1, MHC, AMPEPN, RYRI
육질형질	물돼지, pH보수력, 색소 등	RYRI, RN, HAMP, KIT, MSHR
번식 형질	배란율, 산자수 호르몬 등	Booroola, ESR B
질병저항성 및 면역 반응형질	스트레스와 면역반응, 혈액 억제인자, 대장균 나선형 성모충 감염, 살모넬라 감염 등	FUT 1, FUT2, ECF18R, NARAMPI

황갈색 털피, '흑우' 증식으로 '한우' 다양화

세계적으로 경제성중심의 개량 목표에 따른 개량종이 사육가축의 주류를 이루고 있는 가운데 이미 유전자원의 다양성이 심각한 상태로 고갈되어 왔다. 국내의 경우 한우에서는 황갈색의 모색을 가진 단일 품종의 개체를 중심으로 국가차원의 개량이 주도되어 추진된 이유로 현재 지역단위의

한우 브랜드 상품화는 일반적인 유전소재로서의 차별성에 근거를 가지지 못하는 한계를 보이고 있다. 그러나 일부 유전특성의 확인 검증을 통한 소수 계통(제주흑우 등)의 증식 활용과 다양한 분자유전학적 기법을 통해 국내서 보유하고 있는 기존의 유전자원을 분류하고 이를 육종소재로 활용한다면 광역적으로 활용할 수 있는 육종전략이 가능할 것으로 보인다. 한우 집단의 지역별 유연관계를 분석 보고한 일부 결과를 현재 국가단위 보증 종모우의 선발체계에 의해 상당히 균일화된 것으로 알려지고 있지만, 비교적 지역이 다양한 유전적 특성이 존재하는 것으로 보인다.

즉 경기·충남권, 경남북권 및 전북·남부권으로 크게 분류되는 경향을 보이고 있다고 보고하고 있으며 이러한 결과는 보다 많은 분석대상 두수를 늘려야 정확한 결과를 예측할 수 있지만, 현재 결과로도 단일 모색으로의 개량된 한우에 있어서 지역적으로 다양성에 근거한 종축의 개량이 가능하다는 점에서 매우 중요한 결과의 도출이라 생각된다. 생산능력 측면에서 볼 때 그 동안 외국으로부터 도입된 개량

용할지 결정하기에 앞서 동일한 개체를 몇 번 복제해 낸다면 1두로는 밝혀내기 어려운 형질을 정확하게 파악하여 향후 우량 형질 보존에 적용할 수 있게 된다. 앞서 말한 젖소에 복제기술을 적용하였다면, 같은 젖소를 다양한 환경에서 사육해 봄으로써 유방염의 취약한 형질을 미리 발견하고 대량 번식을 막아 경제적 손실을 피할 수 있었을 것이다. 수많은 산업동물 중에서 우량 동물을 선발하고 이를 복제하여 단기간내에 능력개량을 이룬다면 축산업의 생산성은 획기적으로 향상될 것이다. 실제로 이와 같은 복제기술의 실용화는 3~5년 후부터는 가능할 것으로 예견되고 있다.

동물복제기술은 3~5년 후부터 실용화

체세포를 이용한 동물복제기술은 단순히 우수한 형질을 가진 개체의 선별의 수준을 뛰어 넘어 원하는 형질을

나타낼 수 있도록 직접 유전자를 주입시켜 동물을 생산하는 방법인 '형질 전환동물' 생산의 획기적 전기가 되고 있다. 즉 세포수준에서 특정 유전자를 제거하거나 변화시켜 유전자가 적중된 세포를 복제에 이용하면 원하는 유전형질로 변화된 동물을 생산할 수 있어 기존의 형질전환동물 생산 기술이 지니고 있는 효율성의 한계를 극복할 수 있다. 이러한 형질전환동물의 생산은 '우수 형질의 주입을 통한 생산성 향상'을 뛰어넘는 가치를 지니고 있다. 한 예로, 소의 유전자를 조작하여 고부가가치를 갖는 유용한 단백질들을 우유에 대량으로 분비되게 만들어낸 경우가 속속 발표되고 있다.

이러한 기술을 이용하면 생산단가가 높은 일부 약품들을 획기적으로 저렴하게 생산할 수 있게 되므로, 경제적 문제로 치료를 포기해야만 했던 몇몇 난치병 환자들에게 희망의 빛을 안겨줄 수 있을 것이다.

중에 비해 낮음으로 인해 멸종위기에 처한 재래돼지와 재래 닭의 경우에는 현재 국내의 연구진과 일부 사육농가를 중심으로 유전자세탁이라는 과정을 거쳐 복원되고 있으며 일부는 차별화된 유전자원으로 상 품화가 진행되고 있다.

그러나 이러한 과정에서조차 체계적인 연구와 관심이 적은 대부분의 축종(오골계, 흑우, 흑염소 등)은 현재에도 멸종 위기에 직면하고 있는 실정이다. 따라서 산학관연의 주요 프로젝트로 이러한 유전자원의 유전 특성을 확인하고 유전 개량하는 연구의 지속 추진이 매우 시급한 실정이다.

소비자 기호에 맞춘 '우수종자' 개발 주력

효율적인 동물생산을 위해서 우수한 유전자를 가진 생산 능력이 뛰어난 개체나 집단을 선발하여 상업적으로 이용하여 왔다.

여러 가지 형질에 대해 유전적으로 능력에 차이를 보이는 여러 집단 중에서 대상 형질이 우수한 개체나 집단을 대상

으로 그 우수성 정도를 평가하여 후대 생산용 종자가축을 선발하는 방법으로 가축의 개량이 이루어져 왔다. 이러한 방법을 통해 많은 우수 개체의 생산이 가능했으며 소비자의 기호에 맞는 다양한 특징을 갖는 생산물을 얻기 위한 육종 집단의 조성이 이루어져 이용되고 있다.

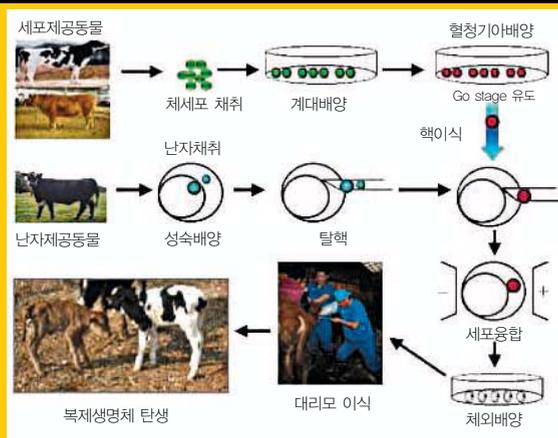
그러나 이러한 기존의 육종체계는 개체나 집단의 유전적 능력을 평가하는 데에 여러 가지 어려움을 가지고 있다. 우선, 한 개체나 가계의 유전적 능력을 평가하기 위해서는 많은 후손의 능력을 측정해야 하는데 이를 위해서는 많은 노력과 시간이 소요되는 데다, 추가적인 축군을 유지해야 하기 때문에 많은 비용이 필요하게 된다.

게다가 닭에 있어서 산란수, 젖소의 우유생산 능력 및 돼지 등의 번식능력 등의 형질 등은 성에 의해 지배되고 도축해야 우열의 확인이 가능한 도체형질 등은 적절한 평가를 하기에 어려움이 있다.

따라서 이러한 어려움을 극복하기 위해 특정 형질관련 유

또한 형질 전환된 돼지를 만들어 내어, 이 돼지의 장기를 사람에게 이식하는 '이중간 장기 이식' 법이 최근 들어 활발하게 연구되고 있다. 돼지는 세포 조직 및 장기의 생리학적 특성이 사람과 매우 유사하여, 돼지의 장기가 성공적으로 사람에게 이식된다면, 정상적인 사람의 장기처럼 작동할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 그러나 실제로 '이중간 장기 이식' 법을 통해 이식을 받은 수혜자의 면역계가 돼지의 장기에 대해 심각한 거부반응을 나타내 많은 어려움을 겪고 있다.

형질전환을 이용하여 사람의 면역계가 돼지의 장기를 인식하고 면역적 거부반응을 일으키게 만드는 여러 인자들을 거부반응을 일으키지 않는 쪽으로 유도하게 된다면, 이러한 문제를 해결 할 수 있다. 실제로 이와 같은 연구는 현재 활발히 진행되고 있으며, 2002년에는 면역거부반응을 일으키는 돼지의 α -1,3-GT 란 물질을 제거한 GT 낙아웃 돼지가 복제기술을 응용해 생산되기도 했다.



체세포 핵이식은 '하나의 생명체' 탄생

체세포 핵이식은 체세포와 난자만으로 하나의 생명체를 탄생시키는 방법이다. 이 방법은 새로운 세대를 생산해 내기 위해선 정자와 난자가 만나야 한다는 생식의 기본 개념을 뒤바꾼 획기적인 방법으로, 동일한 유전적 정보를 가진 개체를 연속적으로 생산 가능해 수많은 연구자

전자와 연관되어 존재하는 DNA부위의 특성을 파악하게 되면 DNA상의 특성을 통해 개체의 유전적 우수성 여부를 조기에 확인할 수 있게 된다.

즉 개체나 집단간의 유전적 차이는 능력에 관계된 유전자 자체나 이러한 유전자 주변에 위치한 특정 DNA형태를 확인할 수 있게 되면 추후 해당 개체의 유전적 능력을 간접적으로 측정할 수 있게 된다. 이러한 목적하에 다양한 방법의 유전적 다형 관찰방법이 이용되어 왔으며 DNA특성이 육종집단의 분석과 능력측정을 위한 중요한 도구로 개발되고 있는 실정이다.

따라서 집단의 유전적 구조의 특성을 파악하고 특이 DNA 표지인자를 우수한 경제형질, 유전병, 질병저항성 좌위 등과의 연관관계를 분석을 통해 현재는 일부 우수가축의 선발에 부분적으로 활용하고 있으나 유전자탐색 방법의 급속한 진보와 아울러 수년 후의 동물육종에서는 이러한 분자수준의 유전자표지 활용이 필수불가결한 도구가 될 것이다.

악성전염병·환경오염차단할 검증시스템 구축

축산물에 종래의 단백질 공급원에서 최근에는 광우병 및 악성 전염병의 반발 및 대규모의 밀집사육에 따른 생산 환경의 다양한 오염(항생제 오염 및 각종 중금속 등의 잔류 여부) 등으로 소비자의 구입선택 요건이 가격적인 면에서 안전성을 최우선적으로 생각하는 경향이 급속히 확산되어 가고 있다. 또한 축산물에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 한우육의 경우 수입육과의 가격차가 매우 커서 소비자에게 원산지가 명확하지 않은 수입육 및 국내산 육우(젓소 비육우)가 둔갑되어 판매되는 현상이 심각한 상황이며 이에 따라 일부 유통단계에서 한우 및 젓소 구분을 위한 유전자표지가 제한적으로 활용되고 있으나 본질적으로 원산지의 이력 정보를 완벽하게 제공하기에는 현실적으로 많은 한계를 가지고 있다. 한우육과 기타 수입육간의 구분은 물론 송아지 생산단계의 사육정보와 도축과정의 위해요소 검사정보 등이 연계된 안전성 여부가 확인된 한우육의 정보 제공을 통한

들의 관심을 끌고 있다. 체세포 핵이식에 의한 복제동물 생산은 1997년 면양 '돌리'에서 최초로 보고된 이후 쥐, 소, 돼지, 토끼, 염소 및 고양이까지 여러 종에서 산자 성공이 보고되었다.

체세포 핵이식은 각각의 실험실에 따라 방법의 차이는 있으나 대체적으로 1) 난자의 확보 2) 복제하려는 동물로부터의 체세포 채취와 배양 3) 난자의 탈핵 및 핵이식 4) 세포융합 및 활성화 5) 체외배양 및 대리모로의 이식 등의 복잡한 과정을 거치게 된다(그림). 각각의 단계에 대해 살펴보자.

① 난자의 확보

소와 돼지의 복제에 이용되는 난자는 주로 도축장에서 얻게 된다. 도축과정에서 버려지는 소와 돼지의 난소를 35℃ 생리식염수에 담아 신속히 실험실로 옮긴 후 난소 속에서 자라고 있는 난자를 회수하게 된다. 회수된 난자는 배양액에 넣어져 적절한 성숙 조건이 갖추어진 인큐베

이터 속에서 약 20~40시간 정도 배양된다.

② 복제하려는 동물의 체세포 채취 및 배양

이론상 성체에 존재하는 모든 세포가 복제에 이용될 수 있다. 체세포를 제공하는 동물은 복제하려는 취지에 맞게 선택된다. 즉, 경제적으로 높은 가치를 지닌 송아지의 생산을 위해선, 육질 및 착유량이 높은 우량우의 체세포가 이용되고, 인간에게 이식될 장기를 생산할 돼지를 만들기 위해서는, 인간과 유사한 크기로 개량된 미니어처 돼지의 체세포를 이용할 수 있다. 원하는 동물에서 소량의 체세포 조직을 떼어낸 후 배양액과 인큐베이터를 이용해 배양한다. 형질전환동물의 생산에 이용할 경우에는 얻은 체세포의 유전자를 조작하는 과정이 추가된다.

③ 난자의 탈핵 및 핵이식

난자의 탈핵과 복제 하려는 체세포의 이식을 위해서는 '미세조작기(micromanipulator)'라는 특수 장비가 이용된다. 미세조작기를 이용하여 현미경 시야 아래에서 난

신뢰기반이 구축되지 않는 상태에서 소비자는 정보를 알 수 없는 한우육을 외면하게 되며 고급한우 브랜드화를 통한 차별화는 매우 요원할 수밖에 없다. 이러한 상황에서 과학적이고 체계적으로 축산물의 원산지 정보를 소비자에게 전달할 수 있는 분자유전학적 기술요소를 도입하여 축산물유통에 새로운 모형을 정립할 필요가 있다. 유전자감식 기법의 도입을 통한 원산지 정보의 진위 여부 확인검증을 위한 제도적 추진이 이루어지고 있다. 최근에는 유전자수준의 염기 변이에 근거를 둔 유전자 감식기법을 활용하고 있다. 이를 위한 표지유전자로서 동물의 게놈해석 연구성과에 힘입어 특정 유전자내 단염기 다형현상(SNPs: single nucleotide polymorphisms)을 활용한 개체식별 방법이 연구되고 있으며 현재 가장 보편적인 분석방법으로는 초위성체 DNA(MS: microsatellite genotyping)의 개체별 유전자형 발현 현상을 이용한 유전자 감식 방법이 미연방수사국(FBI)에서 범인의 진위확인을 위한 DNA방법으로 공식적으로 채택된 것을 기점으로 가축에서도 이러한 방법을 활용하여 생체의

개체확인 및 친자확인을 위한 방법으로 활용하고 있다. 소의 경우 DNA 수준에서 개체 식별이 가능한 지역은 소의 품종에 따라 다양하게 나타나기 때문에 한우집단의 개체식별 체계도입을 위해서는 한우의 특이적인 유전양상에 근거한 표지유전자를 활용하여 유전자 감식기법을 설정하는 것이 매우 중요하다.

이원화된 세계시장, 국가적 연구체계 구축을

국내 한우를 포함한 가축산업 전반에 걸쳐서 시장개방 압력 및 국내 시장에서의 수급 불균형 등의 요인으로 안정적 성장이 매우 어려운 시점에 있다. 특히나 최근의 소비자 요구가 안전성에 관심을 보이고 있으며, 차별화 품질 요소를 가진 축산물에 대한 구매력이 있는 일부 계층에서는 더욱 뚜렷한 고급화 요구가 확인되는 등 시장구조가 이원화되어 가는 경향을 보이고 있다. 따라서 지속가능한 동물산업을 위해서는 유전적 특성에 근거한 다양한 유전자원의 발굴 활용이 매우 중요하며 이는 결국 생산물의 브랜드화로 이어짐

자의 핵을 분리해 내고, 그 자리에 복제하려는 체세포를 끼워 넣게 된다. 이 과정은 매우 정교한 작업이므로 고도로 훈련된 기술이 필요하다.

④ 융합 및 활성화

미세조작을 통해 난자 속으로 끼워 넣은 체세포는 융합 과정을 통해 하나의 세포가 된다. 세포의 융합을 위해서는 특정한 화학물질에 노출시키거나, 활성을 제거한 바이러스를 이용하는 방법, 혹은 전기적 자극을 주는 방법 등이 이용되고 있다. 이 중 전기적 융합방법이 작업의 용이성과 효율성 등의 이유로 선호되고 있다.

융합과정을 통해 난자와 체세포가 하나가 되었다고 해도 바로 분열을 시작하고 하나의 개체로 성장하지는 않는다. 생체내에서 정자와 난자가 수정을 할 때에는 정자의 어떠한 인자에 의해 난자가 활성화되어 개체로 성장하는 과정을 시작한다. 핵이식을 통한 수정란은 이러한 단계가



체세포 복제 수정란의 생산 모습

생략되어 있으므로, 인위적으로 이런 과정을 대체해주는 방법이 요구된다. 이러한 활성화 단계를 유도하기 위해서는 역시 특정한 화학물질을 처리해 주거나, 전기적 자극을 주는 방법이 이용된다.

⑤ 체외배양 및 이식

활성화 단계까지 마친 핵이식 수정란은 일반적인 정자

과 동시에 현행의 종자가축이 취약한 질병 저항성 등을 보완시킬 수 있는 분자유종 기술을 연계한 친환경적인 종자가축 생산기반 확립이 중요하다. 현재의 국내 축산물의 경우 한우 브랜드화를 통한 차별화 및 냉장육 시장 중심의 신선돈육을 통한 소비자의 좋은 반응을 얻고 있지만 이 또한 유전 육종적인 차별화 소재(종자)를 기반으로 한 체계적인 브랜드로서의 안정적인 기술요소가 통합된 것이 아니라 생산자의 일방적인 홍보를 중심으로 진행되고 있어 최근의 소비자 의식구조를 조사한 결과를 보면 브랜드의 인지도와 상품성 및 가격측면의 공감대를 얻고 있지 못하다는 지적이 되고 있다. 이와 아울러 세계적으로 축산물 소비는 안전성과 관련된 정보를 소비자에게 전달하는 것이 매우 시급하다. 예를 들면 생산과정의 안전성여부와 관련된 정보의 피드백을 위한 여러 가지 기술요소의 도입(전자이표, 유전자감식기법)을 통해 꾸준히 소비자의 인식의 전환을 유도하는 것도 브랜드화의 성공에 중요한 계기를 만들 수 있으며 지역별 특정 종자 가축 및 차별적인 경제능력을 갖는 종자가축

을 선별(혈통 등록, 능력 검정, 유전자 표지에 의한 선발 등)을 통한 비육용 가축을 생산하는 체계 역시 차별화 및 지방화에 적합한 생존 전략이 될 것이다.

이런 측면에서 초위성체 DNA (microsatellite)에 의한 집단유전학적 특성에 따른 종족집단의 육성, 가축의 경제형질 연관 주유전자 탐색을 통한 차별적 가축선발 활용 및 유전자감식 기법을 이용한 개체확인 및 원산지 검증 기법의 적용은 향후 가축에서 브랜드화를 위한 차별화 전략에 매우 중요한 요소로 작용할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 이러한 연계선상에서 국가차원의 종합화된 연구의 체계적 추진은 국내에서 보유하고 개발 발굴된 유전자원을 바탕으로 우리 국민에게 단백질을 공급한다면 경쟁력있는 동물산업으로서의 영역을 확보할 수 있을 것으로 확신한다. **ST**



글쓴이는 서울대학교 농업생명과학대학 농학박사, 농촌진흥청 축산연구소 축산연구관, 미국 아이오와주립대학 연구원, 한국립한경대학교 생명공학과 조교수

와 난자가 만나 이루어진 수정란과 동일하게 취급될 수 있다.

즉, 시험관아기의 경우처럼 체외에서 난자와 정자를 결합시켜 만든 체외수정란과 같은 조건의 배양액과 인큐베이터의 배양환경을 택하여 배양이 가능하다. 원하는 수준까지 자라난 수정란은 대리모에게 이식된다. 대리모로의 이식은 실제 생체내에서 정자와 난자가 만나 수정란을 형성하고 자라나는 생리적 현상에 대한 이해를 바탕으로 핵이식을 통해 얻어낸 수정란의 성숙 단계와 대리모의 생리적 상태 그리고 자궁 및 난관내에서의 위치 등을 고려하여 이식 도구나 수술을 통해 수정란을 이식하게 된다.

인간삶의 향상...인류미래는 밝고 희망적

체세포 복제 기술은 산업동물의 유전능력 개량과 형질 전환동물 생산뿐만 아니라, 인간 질환 연구를 위한 모델

동물 생산, 멸종 위기 동물 보존 등 그 적용 범위가 넓어 생명공학 및 의학 분야에서 아주 유용한 기술이다. 그러나 체세포 핵이식을 통한 복제 생물의 생산은 난자의 회수부터 산자 생산까지 그 효율이 매우 낮아 이를 각각의 분야에 적용하기에는 해결해야 할 문제들이 산재되어 있다. 그러나 이러한 문제들을 해결하고 결과적으로 인간 삶의 질적 향상에 도움을 줄 수 있는 수단으로서의 복제 기술을 확립하기 위해, 전세계적으로 수많은 과학자들이 노력을 기울이고 있다. 이들의 노력이 있기에 인류의 미래는 좀 더 밝고 희망적일 것이다. **ST**



글쓴이는 서울대학교 수의학과 및 동대학원에서 석·박사를 취득하였으며, 미국 미네소타대학 및 일본 도쿄대학에서 박사 후 연구활동을 하였다. 미국 뉴올리언스대학의 방문교수, 관련학회의 편집위원 및 한국수정란이식학회의 편집위원장을 지냈다.