

현행 수정란 이식체계가 국가 전체 한우집단의 유전 능력에 미치는 영향

전광주* · 이양규**

(*안성산업대학교 동물생명자원학과 교수 · **안성산업대학교 동물생명자원학과 대학원생)

Effect of Current Embryo Transfer System on Genetic Improvement of Hanwoo(Korean Cattle) Population in Korea

Gwang-Joo Jeon* · Yang-Kyu Lee**

Dept. of Animal Life and Resources, Anseong National University

적 요

국내 한우의 수정란 이식사업이 현재 활발히 전개되고 있지만 실질적으로는 유전적 개량에 별 다른 기여를 하지 못하고 있는 실정이다. 특히 외국에 비해 체외수정란 생산이 많은데 이는 도축장에서 유전능력이 확인되지 않은 암소의 난소를 이용하기 때문에 이로 인한 국내 한우의 개량기반이 오히려 둔화될 수 있는 가능성이 있다. 본 연구에서는 현행의 인공수정(AI), 다배란과 수정란이식(MOET), 체외수정(IVF)을 이용한 한우개량의 가능성을 비교 검토한 결과 핵집단의 크기를 200에서 1500두 정도를 가정하여 시뮬레이션한 결과 집단의 크기가 클수록 기대되는 일당증체의 유전적 개량량은 증가되었으나 증가의 상대적인 효율성은 점차 감소되었다. 현행의 체외수정란(IVF)을 이용한 육종체계는 전통적인 인공수정(AI)에 의한 개량체계와도 비교할 수 없을 정도로 개량과는 전혀 무관한 상태에서 이루어지고 있는 실정이다. 일당증체가 증가하면 할수록 근내지방도의 개량은 오히려 부의 상태로 감소하기 때문에 일당증체와 근내지방에 대한 가장 적절한 경제 가중치를 고려한 수정란이식체계가 이루어져야 할 것이다.

1. 서론

지난 50여년 간 가축의 유전적 개량의 대부분은 양적유전학과 통계학의 원리를 적용한 우수한 종축의 선발에 기인한 것이다. 근래에 신생물공학기법인 다배란과 수정란 이식기법(MOET)과 체외수정(IVF)에 의한 육종체계는 유전적 개량속도를 종래의 인공수정을 이용한 육종방법보다 훨씬 앞당길 수 있는 가능성을 제시했고, 여러 축산선진국에서는 MOET 핵

집단을 실제 운영하고 있는 실정이다.

축산선진국에서는 수정란이식(Embryo Transfer)이 종축을 보유한 인공수정회사에서 유전적으로 최우량 암소와 계약교배에 의하여 생산된 극히 일부분을 국내 및 국외에 이식하여 미래의 종모우 및 종빈우를 생산한다. 다배란과 수정란이식(MOET)과 체외수정(IVF)을 이용할 경우에 기대되는 유전적 개량은 현행 인공수정에 의한 육종방법보다 약 2배의 개량량을 기대할 수 있는 것으로 연구결과가 보고되었다. 하지만 현재까지 대부분의 수정란이식에 의한 논문

은 주로 유우에 관한 연구들로서^{1,2,3,4,5,6)}, 육우에 있어서 수정란이식에 의한 개량효과에 관한 논문은 대단히 미진하다. 더욱이 한우는 외국의 육우와는 유전적으로 상당한 차이가 있고, 또한 국내 한우 수정란이식사업은 외국의 수정란 이식사업과는 육종목적을 위한 수행상의 방법론과 이론적 배경에 많은 차이가 있다.

현행 국내의 수정란 이식사업은 우수한 유전자원의 급속한 보급을 주목적으로 하지만 실제 유전적으로 가장 우수한 종축을 이용하는 것이 아니라, 우량한 암소로부터 보증종모우의 정액을 이용하든지, 아니면, 도축장에서 구입한 일반 암소의 난소에서 난자를 채취하여 실험실에서 체외수정된 후 이들 수정란을 구체적인 이론이 없이 양적인 보급에만 주안점을 두고 있는 실정이다. 특정 육종목적이 설정이 되면 이에 대한 구체적 이론을 뒷받침할 수 있는 가상의 시뮬레이션을 통하여 예측되는 유전적 변화를 제시함과 동시에 가장 효율적인 수정란 이식에 의한 육종방안을 제시하여야 하는데, 현행 국내 수정란 이식사업은 그렇지 못한 실정이다.

따라서, 명확한 육종목적과 목적형질의 설정이 미약한 상황에서 이러한 수정란 이식사업을 계속할

경우 이로 인한 국내 한우 전체집단의 유전적 조성이 향후 한우 개량에 미치는 결과는 예측하기 어려운 상황에 직면하게 될 가능성이 있다. 국내의 체외 수정란생산은 (표 1)에서와 같이 국·공립연구기관과 농촌지도소에서 주도적으로 생산하고 있으며 체내 수정란은 국·공립연구기관과 축협에서 주로 생산되고 있는 실정이다⁸⁾. 체내수정란의 생산수도 극히 일부이며 이식 가능한 수정란의 수도 대단히 적은 것으로 나타났다(표 2). (표 3)에서 제시한 바와 같이 국내의 한우 수정란 보급은 체내 수정란보다 체외수정란의 생산 보급이 약 2배 정도로서 수정란 이식의 한우개량을 위한 효율성이 대단히 떨어진다고 볼 수 있다. 왜냐하면, 우량한 한우 암소로부터 생산된 체내수정란의 효과는 대단히 우수하지만 도축장에서 구입된 체외수정란은 그 개체의 유전능력도 파악하기 어려울 뿐만 아니라 실질적인 능력도 평균정도의 수준밖에 되지 않는 경우이므로 체내수정란의 효과를 체외수정란의 효과가 상쇄시키는 결과를 초래한다.

그러므로, 본 연구에서는 현행 한우 수정란 이식사업을 가상적으로 컴퓨터 시뮬레이션을 하여 이로 인한 문제점을 보완하는 보다 효율적이고 이상적인 수정란 이식사업의 방향을 제시하는 것이 주목적이다.

표 1. 국내 소수정란이식 기관 현황

구분	체내수정란	체외수정란	체내·체외수정란	계
국·공립 연구기관	1(8.3)	7(58.3)	4(33.3)	12(21.4)
대학		6(75.0)	2(25.0)	8(14.3)
농촌지도소		13(65.0)	7(35.0)	20(35.7)
축협	1(8.3)	9(75.0)	2(16.7)	12(21.4)
기타		2(50.0)	2(50.0)	4(7.2)
계	2(3.6)	37(66.1)	17(30.3)	56(100)

(손동수, 1998)⁸⁾

표 2. 체내 수정란 생산 현황

구분	기관수	처리두수	채란두수	회수란수	이식가능란수
한우	11	254	201(79.1)	1,046	685(3.4)
젖수	3	109	98(89.9)	735	443(4.5)

(손동수, 1998)⁸⁾

표 3. 수정란 이식두수 현황

구분		이식두수			수정란 이식상태(%)		
		신선란	동결란	계	1개	2개	AI + ET
한우	체내	215(43.1)	284(56.9)	499(100)	353(70.8)	95(19.0)	51(10.2)
	체외	481(11.6)	3,675(88.4)	4,156(100)	178(4.3)	491(11.8)	3,487(83.9)
	계	696(15.0)	3,959(85.0)	4,665(100)	531(11.4)	586(12.6)	3,538(76.0)
젖소	체내	80(25.0)	240(75.0)	320(100.0)	287(89.7)	2(0.6)	31(9.7)
	체외	98(50.3)	97(49.7)	195(100.0)	195(100.0)		
	계	178(34.6)	337(65.4)	515(100.0)	482(93.6)	2(0.4)	31(6.0)
계	체내	295(36.0)	524(64.0)	819(100.0)	640(78.1)	97(11.8)	82(10.0)
	체외	579(13.3)	3,772(86.7)	4,351(100.0)	373(8.6)	491(11.3)	3,487(80.1)
	계	874(16.9)	4,296(83.1)	5,170(100.0)	1,013(19.6)	588(11.4)	3,569(69.0)

(손동수, 1998)⁸⁾

II. 재료 및 방법

현행 국내의 수정란 이식사업에 관여하는 모든 산·학·연 기관의 수정란 현황조사(표 1)를 실시하여 여기에서 조사된 모수(parameter)를 이용하여 현행 국내 한우의 유전적 개량량을 추정하였다. 본 연구에서 시뮬레이션에 사용된 모수들은 (표 4)에서 제시하였다. 국내 한우의 수정란 이식을 위한 공란우 선발은 일반적으로 일당증체를 근거로 하여 주로 선발된다는 가정을 두었다. 현재의 체외수정란 이식의 경우는 무작위로 도축장에서 구한 난소에서 수정란을 생산하기 때문에 선발강도는 거의 영(zero)에 가까우며 유전적개량을 위한 기여도는 거의 없다고 볼 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 여러 형태의 선발체계의 동일한 조건하에서의 비교를 위하여 선발은 상위 순서에 의해 결정되는 것으로 가정하였다. 본 연구에서 추정된 유전적 개량량은 직접적인 선발대상인 일당증체에 대한 유전적 개량량(direct response)과 한우의 뛰어난 유전적 소질이 있는 근내지방도의 상관된 선발반응(correlated response)을 추정하였다.

선발반응(ΔG)은

$$\Delta G = i \cdot r \cdot \sigma_g / GI, \text{ 이며}$$

식에서 ΔG =연간 예상되는 유전적 개량량:

i =선발강도:

r =선발의 정확도:

σ_g =유전변이: 그리고,

GI =세대간격이다.

선발강도는 선발체계에 따라 달라지는데 수소와 암소공란우의 경우 모두 체란되는 수정란(MOET 체계)과 난자의 수(IVF 체계)에 의해 결정된다. 선발의 정확도는 선발지수식에 사용되는 혈연의 정보량에 따라 결정되며, 세대간격은 선발체계간의 동일한 조건하에서의 비교를 위하여 모든 선발체계(MOET, IVF, AI)에서 동일하다고 가정하였다. 또한 한 형질에 대하여 선발할 경우 이와 연관된 형질의 상관 선발반응(ΔG_c)은

$$\Delta G_c = b_{(g)y,x} \Delta G$$

1. 선발반응

본 연구에서 추정된 선발반응은 Rendel과 Robertson⁷⁾의 선발반응 공식을 이용하였다. 연간 예상되는

위 식에서, $b_{(g)y,x} = Cov_g(x,y) / V_g(x)$ 이며, $Cov_g(x,y)$ = 직접선발형질(x)과 간접형질(y)의 유전공분산이며, $V_g(x)$ = 직접선발형질(x)의 유전분산이고, ΔG = 직접

표 4. 시뮬레이션에 이용된 모수들

집단: 한우 핵집단
 번식우 집단의 크기: 1)200, 2)400, 3)600, 4)800, 5)1,000, 6)1,500
 형질: 일당증체
 유전력(h^2): 일당증체(0.25)
 선발방법: 선발지수식에 의한 절단형 선발(truncation selection)
 표현형분산(σ_P^2): 일당증체(4827.95g²), 근내지방도(0.9927)
 선발기준: 1) 다배란과 수정란이식(MOET)
 Index = 자신+부+모+반형매+전형매
 2) 체외수정(IVF)
 Index = 자신+부+모+전형매
 3) 인공수정(AI)
 Index = 자신+부+모+반형매
 수태율: MOET 와 IVF (50%)
 AI (80%)
 선발강도: 1) MOET: 4마리의 수소, 암소공란우는 수정란 회수율에 의해 결정
 2) IVF: 4마리의 수소, 암소공란우는 난자 회수율에 의해 결정
 3) AI: 4마리의 수소, 암소의 선발은 전원선발

선발형질의 선발반응이다. 본 연구에서 시뮬레이션을 위한 현행의 수정란 수는 3.4두(표 2)로 가정하였고 현행 수정란을 이용한 국내체계는 체외수정(IVF)이 아닌 다배란과 수정란이식(MOET) 육종방법으로 가정하였다. 왜냐하면, 현행 국내의 체외수정란은 유전능력을 평가한 뒤 상위 순위에 의한 선발이 아니기 때문에 MOET 육종집단으로 가정한 것이다.

III. 결과 및 고찰

한우의 핵집단의 크기를 달리하며 채란되는 수정란의 수를 여러 수준으로 하여 시뮬레이션한 결과는 (표 5)부터 (표 10)에서 제시하였다. 핵집단의 수를 200으로 하였을 경우(표 5) 일당증체의 유전적 개량량은 IVF에서 10.24g, MOET에서는 11.14g, AI에서는 8.5g으로 나타났으며 현행 MOET 체계에서는 10.86g으로 나타났다. 같은 수의 수정란의 경우 IVF체계가 MOET보다 유전적 개량량이 낮게 나타났는데 이는 IVF체계에서는 현행 체계에서는 전형매(full-sib)기록

만 이용하였기 때문이다. 실제 (표 5)부터 (표 10)에서 제시된 개량량은 유전능력 평가를 한 뒤의 선발을 가정한 경우인데 현행 국내 체외수정란의 생산은 전혀 그렇지 못한 실정이며 오히려 인공수정에 의한 가축의 개량과도 비교할 수 없는 실정이다. 대부분의 체외수정란의 경우는 한우의 쌍자생산을 위한 수단으로 이용될 뿐 한우의 개량과는 전혀 관련성이 없이 진행되고 있는 실정이다. 그러나, 만약 최근의 수정란 회수를 생체(ovum pick up)에서 산업화할 경우에는 본 연구에서 제시한 개량량 추정치와 근사한 값을 갖게 된다. 근내지방도의 경우 수정란의 수가 많을수록 더욱 근내지방의 침착도가 떨어지는 경향을 보였다. 집단의 크기가 커질수록 유전적개량량은 증가하지만 상대적인 개량량의 증가율은 점차 감소하는 경향을 보였다. 모든 IVF와 MOET 핵집단의 육종체계는 전통적인 인공수정의 개량량보다 훨씬 크게 나타났는데 이는 전통적인 국내의 AI체계에서는 암소의 선발강도가 거의 없는 상황이기 때문이다.

표 5. 체외수정(IVF)과 다배란과 수정란 이식(MOET)에 의한 유전적개량 추정

h^2	Scheme	¹ NC	² NEGG	³ ΔG_{ADG}	⁴ ΔG_c
.25	IVF	200	4	10.24	-3.38
			10	11.60	-3.38
			16	12.14	-4.01
			20	12.22	-4.03
			30	12.36	-4.08
			50	12.48	-4.01
			MOET	200	3.4
4	11.14	-3.68			
6	11.67	-3.85			
8	12.01	-3.97			
12	12.31	-4.06			
20	12.56	-4.15			
AI	200		7.65	-2.53	

¹NC=암소 핵집단의 크기, ²NEGG=이식가능 수정란수, ³ ΔG_{ADG} =일당증체의 유전적개량량,

⁴ ΔG_c =근내지방도의 상관된 유전적 개량량

표 6. 체외수정(IVF)과 다배란과 수정란 이식(MOET)에 의한 유전적개량 추정

h^2	Scheme	¹ NC	² NEGG	³ ΔG_{ADG}	⁴ ΔG_c
.25	IVF	400	4	11.16	-3.65
			10	12.73	-4.20
			16	13.32	-4.40
			20	13.59	-4.49
			30	13.75	-4.54
			50	14.08	-4.65
			MOET	400	3.4
4	12.33	-4.07			
6	12.99	-4.29			
8	13.32	-4.40			
12	13.54	-4.47			
20	14.24	-4.70			
AI	400		8.89	-2.94	

¹NC=암소 핵집단의 크기, ²NEGG=이식가능 수정란수, ³ ΔG_{ADG} =일당증체의 유전적개량량,

⁴ ΔG_c =근내지방도의 상관된 유전적 개량량

표 7. 체외수정(IVF)과 다배란과 수정란 이식(MOET)에 의한 유전적개량 추정

h^2	Scheme	1NC	2NEGG	$^3\Delta G_{ADG}$	$^4\Delta G_c$
.25	IVF	600	4	11.78	-3.89
			10	13.35	-4.41
			16	14.09	-4.65
			20	14.31	-4.73
			30	15.15	-5.00
			50	15.60	-5.15
	MOET	600	3.4	12.76	-4.21
			4	13.09	-4.32
			6	13.66	-4.51
			8	14.05	-4.63
12			14.44	-4.77	
AI	600			9.51	-3.14

1NC =암소 핵집단의 크기, 2NEGG =이식가능 수정란수, $^3\Delta G_{ADG}$ =일당증체의 유전적개량량.

$^4\Delta G_c$ =근내지방도의 상관된 유전적 개량량

표 8. 체외수정(IVF)과 다배란과 수정란 이식(MOET)에 의한 유전적개량 추정

h^2	Scheme	1NC	2NEGG	$^3\Delta G_{ADG}$	$^4\Delta G_c$
.25	IVF	800	4	12.01	-3.96
			10	13.82	-4.56
			16	14.49	-4.78
			20	14.79	-4.88
			30	15.23	-5.03
			50	15.60	-5.15
	MOET	800	3.4	13.08	-4.32
			4	13.39	-4.42
			6	14.08	-4.65
			8	14.47	-4.78
12			14.93	-4.93	
AI	800			9.93	-3.28

1NC =암소 핵집단의 크기, 2NEGG =이식가능 수정란수, $^3\Delta G_{ADG}$ =일당증체의 유전적개량량.

$^4\Delta G_c$ =근내지방도의 상관된 유전적 개량량

표 9. 체외수정(IVF)과 다배란과 수정란 이식(MOET)에 의한 유전적개량 추정

h^2	Scheme	¹ NC	² NEGG	³ ΔG_{ADG}	⁴ ΔG_c		
.25	IVF	1000	4	12.27	-4.05		
			10	14.05	-4.64		
			16	14.64	-4.83		
			20	15.14	-5.00		
			30	15.15	-5.00		
			50	16.07	-5.311		
	MOET	1000	3.4	13.41	-4.43		
			4	13.71	-4.53		
			6	14.43	-4.77		
			8	14.81	-4.89		
			12	15.29	-5.05		
				20	15.77	-5.21	
				9.95	-3.28		
				AI	1000	9.95	-3.28

¹NC=암소 핵집단의 크기, ²NEGG=이식가능 수정란수, ³ ΔG_{ADG} =일당증체의 유전적개량량,
⁴ ΔG_c =근내지방도의 상관된 유전적 개량량

표 10. 체외수정(IVF)과 다배란과 수정란 이식(MOET)에 의한 유전적개량 추정

h^2	Scheme	¹ NC	² NEGG	³ ΔG_{ADG}	⁴ ΔG_c		
.25	IVF	1500	4	12.76	-4.12		
			10	14.722	-4.86		
			16	15.46	-5.11		
			20	15.79	-5.22		
			30	16.37	-5.41		
			50	16.66	-5.50		
	MOET	1500	3.4	13.96	-4.61		
			4	14.34	-4.78		
			6	15.04	-4.96		
			8	15.49	-5.11		
			12	15.90	-5.25		
				20	16.48	-5.44	
				10.75	-3.55		
				AI	1500	10.75	-3.55

¹NC=암소 핵집단의 크기, ²NEGG=이식가능 수정란수, ³ ΔG_{ADG} =일당증체의 유전적개량량,
⁴ ΔG_c =근내지방도의 상관된 유전적 개량량

IV. 결론

가축에서 인공수정(AI)은 유전적으로 우수한 부계의 유전자원을 다수의 모계에 이용하여 우량한 자손을 대량으로 생산하는 기술이지만 국내 한우의 경우 우수한 모계의 선발이 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서, 국내의 한우개량은 주로 수컷에만 의존하여 왔다. 비록 우량암컷을 선발한다 할지라도 암소의 선발은 대단히 미약하지만 MOET나 IVF를 효율적으로 이용할 경우 모계의 선발을 더욱 강하게 할 수 있게 되어 가축의 개량효과를 극대화할 수 있다.

기존의 인공수정에 의한 후대검정체계에서는 종모우의 경우 세대간격이 7-8년 정도이지만 수정란 이식을 통한 반형매를 생산하여 형제 검정법(sib-test)을 도입하면 세대간격을 상당히 단축시킴과 동시에 암소의 선발강도를 보다 강하게 높게 되므로 개량의 효과를 높일 수 있다.

외국의 경우, 영국의 예를 들면 스코틀랜드 농업대학에서 다배란과 수정란이식 육종체계를 이용하여 시멘탈(simmental)의 육종에서 적육생산의 경제적 효율을 높이기 위해 난산, 성장률, 사료섭취량, 도체특성등에 대한 능력검정을 실시하는 데 우수한 종빈우와 종모우를 선발하여 수정란을 생산하고 이들 수정란을 수란우에 이식하여 개량집단을 만들어 나가고 있다.

국내 농가에서는 한우의 개량수단으로 인공수정에 의한 번식을 하고 있는데, 최근에 다배란과 수정란 이식기술(MOET)과 체외수정에 의한 수정란 이식기술이 보급됨에 따라서 전통적인 인공수정에 의한 개량방법보다 개량의 가속화가 가능하게 되었다. 선진 외국에서는 현재 체계적인 육종목적 설정에 의해 최상의 유전능력을 갖는 종축을 선발하여 수정란 이식기법을 이용하여 가장 효율적인 종축개량을 하고 있는 실정이다.

국내 한우와 국외 육우의 유전능력 차이와 국가전체의 육종체계의 현저한 기술적 차이를 극복하는데 상당한 시간이 필요한데, 현행 수정란 이식사업이 보다 체계적으로 개선되고 육종목표가 구체적으로 설정이 되면 국내한우의 유전적 개량의 극대화와 아울

러 한우농가의 소득이 증대됨과 동시에 국제경쟁력 제고에 크게 기여할 것으로 기대된다.

수정란 이식사업이 산업화됨에 따라 한우 개량에 미치는 여러 유전적 변화를 예측하며 부정확한 공란우의 선정에 따른 국가전체 축군의 개량에 대한 문제점과 이로 인하여 발생하는 유전적 개량의 효율성 저하를 조기에 진단하여 향후 국내의 수정란 이식사업이 보다 효율적이고 이상적으로 운영될 수 있도록 국가단위의 지침자료가 있어야 할 것이다.

참고문헌

1. Jeon, G.J., Mao, I.L., Jensen, J. and Ferris, T.A., 1990, Stochastic modeling of multiple ovulation and embryo transfer breeding schemes in samll closed dairy cattle population, *J. Dairy Sci.* 73, p.1938.
2. Jeon, G.J. and Smith, C., 1995, Possible genetic improvement in dairy cattle with improving reproductive rates, *Korean J. Emb. Trans.* Vo 110. (1), pp.433-44.
3. Juga, J. and Maki-tanila, 1987, Genetic change in nucleus breeding dairy herd using embryo transfer, *Acta. Agri. Scand.* 37, p.511.
4. McDaniel, B.T. and Cassel, B.G., 1981, Effects of embryo transfer on genetic change in dairy cattle, *J. Dairy Sci.* 64, p.2484.
5. Nicholas, F.W. and Smith, C., 1983, Increased rates of genetic changes in dairy cattle by embryo transfer and splitting, *Anim. Prod.* 36, p.341.
6. Powell, R.L., 1981, Possible effects of embryo transfer on evaluation of cows and bulls, *J Dairy sci.* 64, p.2476.
7. Rendal, J.M. and Robertson, A., 1950, Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a closed herd of dairy cattle, *J. Genet.* 50, p.1.
8. 손동수, 1998, 국내 소 수정란이식 현황과 개선방안, 한국수정란이식학회지 제13권 제1호 부록.