

## II. 한우 개량을 위한 DNA 표식의 이용

영남대학교 여정수교수

### I. 서론

한우는 우리민족의 역사와 오랫동안 함께 살아온 중요한 가축으로 우리 조상들의 부의 상징으로서 뿐만 아니라 우리의 입맛에 맞는 고급식단의 재료로서 높은 가치를 가지고 있기 때문에 오늘에 이르기까지 가장 잘 유지 보존되어 온 것이다. 그러나, 1970년대에 이르러 농업의 기계화에 따라 논밭을 경작하고 짐을 운반했던 역용(役用)으로 역할이 없어지면서 고기용으로서 한우의 사육목적이 변화하게 되었다. 그 후 한우는 고기(肉)생산능력을 높이기 위하여 체구가 큰 대형(大形)종 외국 소들과 교잡으로 한우의 유전적 순수성은 희석되기 시작하였고 결국은 이것이 오늘날 쇠고기 수입개방에 대비한 한우 쇠고기 육질(肉質)의 차별화 정책에 커다란 걸림돌이 되고 있다.

2001년부터 시작되는 쇠고기 수입개방에 직면해서, 한우에 대한 획기적 노력의 결실이 없다면 외국의 여건과 비교해서 가격이나 능력에서 열등한 한우가 수입되는 쇠고기와 경쟁력을 갖는다는 것은 거의 불가능 한 것이다. 쇠고기를 비롯한 외국의 농산물수입을 개방하여야 하는 국제무역협정(WTO)의 위력을 피할 수 없는 우리로서는 우리나라 고유 유전자원인 한우를 유지 보존하고 능력개량에 힘을 쏟지 않을 수 없고, 우리민족의 유구한 역사와 함께 해 오면서 농업생산에 버팀목 역할을 했던 한우를 우리민족의 정서와 우리 입맛에 맞는 쇠고기의 공급원으로 유지 개량해야 하는 사회 문화적 가치가 있다고 판단된다.

이러한 시점에서 우리나라 쇠고기 생산비 절감을 위한 노력은 물론, 지금까지의 외형과 사양관리에만 근거한 사업들에서 벗어난 한우의 능력개량에 새로운 돌파구로서 유전자(DNA)를 집적 확인할 수 있는 선진국 수준의 분자생물학적인 연구를 통하여 한우의 유전적 본질은 무엇이고, 다른 외국 축종들과의 차별이되는 특성은 어떤 것이며, 유전능력의 소질에 따른 능력은 어떻게 발현될 것인지에 대한 연구가 필요하기 때문에 지금까지 DNA연구를 통한 외국의 축우개량 현황과 우리나라 한우의 현실을 더듬어 보고자 한다.

## II. DNA 기술

한 마리의 소는 400-500조(兆)의 세포들이 머리에서 발 끝 까지 똑같은 형태와 유전구성으로 뭉쳐져 있는 생명체라고 할 수가 있다. 하나의 세포 내에는 핵이라는 중요한 구성요소가 있는데 핵 속에는 유전물질 즉 DNA로 구성되어 있는 염색체가 30쌍(60개)로 구성되어 있다. 이러한 DNA는 소의 모든 형태와 기능을 조절하는 유전자로서 우리가 중요하게 생각하는 체중, 등지방두께, 근내 지방도, 등심단면적 등 모든 경제형질을 좌우하고 있다. 따라서 모든 과학자들은 어떠한 유전자가 어떠한 형질에 관계하고 있는지를 알기 위해서 계속 노력하고 있다. 세계적으로 크다란 기대와 관심으로 진행되고 있는 유전자(DNA)를 확인하는 연구들은 기금까지 이뤄지고 있는 가축 개량의 연구방법에 비하여 다음 표와 같은 장점이 있기 때문에 21세기 가축개량의 가장 강력한 수단으로 인정되고 있다 하겠다.

〈표 1〉 가축의 개량에 이용되는 DNA기술의 장점

	새로운 유전공학적 기법	기존의 통계학적 방법
실험재료	재료의 채취(혈액, 조직, 생식세포 등)용이	검정을 위한 수년간 계획적인 사육
대상가축	년령과 성(性)에 무관	경제수명의 종료시 까지
대상 경제형질	수컷에 나타나지 않는 형질, 도축 후에 평가되는 형질의 분석 가능	수년 간의 후대검정
결과의 분석	실험결과의 정확성과 단순성	방대한 자료의 분석
결과의 활용	DNA확인으로 간편함	수년간 사육과 능력검정

어느 시기의 한우에서 소량의 혈액(약 3-4cc)을 채취하는 간편한 과정으로 한쪽 성에서만 나타나는 형질이나 도축을 해야만 판정이 가능한 형질에 대해서 장기간 많은 노력과 시간이 소요되는 후대검정 과정을 거치지 않고도 유전자(DNA)차원에서 보다 정확하게 능력을 판정하고 우수한 개체를 선발할 수 있다.

## III. DNA기술의 이용

지난 10여년간 DNA기술의 이용범위가 확대되어 이미 구미의 선진국들은 가축에서 경제형질과 관련되는 유전적 구조를 파악함으로써 닭과 돼지를 비롯한 소의 능력개량에 본 기법을 응용하여 실용화시켜 나아가고 있다. 최근에 이뤄지고 있는 DNA연구를 통한 외국의 축우산업에 이용된 결과들을 살펴보면:

1990년 초부터 개체 및 집단 확인, 가계분석, 유전분석에 관한 산업적 이용은 보편화되고 있

고, 경제형질인 육량과 육질, 질병 등에 관한 DNA 표식의 산업적 이용단계가 본격적으로 이뤄지고 있으며, 2000년도 현재는 유전자지도라는 소의 모든 유전자를 밝힐 수 있는 기술이 부분적으로 적용되어 축우의 경제형질 관련 유전자의 규명과 이용의 결과들이 발표되고 있는 추세이다.

따라서 외국의 축우들과 경쟁력을 갖추기 위해서 DNA기술의 첨단기법을 한우의 개량에 응용하는 것은 우리의 고유한 축종인 한우의 유전적 차별화뿐만 아니라, 능력개량의 획기적 변화를 가져올 수 있는 가장 강력한 수단으로 여겨지기 때문에 한우농가들의 소득 증대에도 크게 이바지할 수 있는 기회가 마련될 수 있을 것으로 기대되어 한우에서 지금까지 연구되고 실용적 가치가 있는 DNA 연구의 결과들을 살펴봄으로서 앞으로 한우산업 발전에 모두가 관심과 참여를 이룰 수 있을 것으로 생각된다.

1. 한우의 유전적 특성

그림 1은 한우와 외국 축우들과의 유전적 차별성을 나타낸 유전자지문 결과로서 사진 하단의 2.4와 2.2kb위치에 한우가 다른 축종들과 차별화 되는 DNA표식을 찾을 수 있었고 이러한 DNA표식을 이용한 한우들의 유전적 순수성검정에서 순수한우와 잡종이된 한우를 구분할 수가 있다. 한우가 다른 축우품종들과 차별화 되는 DNA표식은 화살표(→)로 표시된 위치임을 알 수 있고 한우의 유전적 순수성검정 결과에서도 명확한 결과를 얻을 수가 있다.

이러한 유전자지문에서 축우 품종별 DNA 구성들의 유사성을 살펴봤을 때 한우와 일본 흑색화우 간에는 상당히 높은 유전적 유사성이 있었고 일본 화우는 외국의 육용종들과도 높은 유전적 유사성이 높은 점으로 보아 일본 흑색화우는 한우를 모체로 한 다른 외국 축우들의 종합적인 모

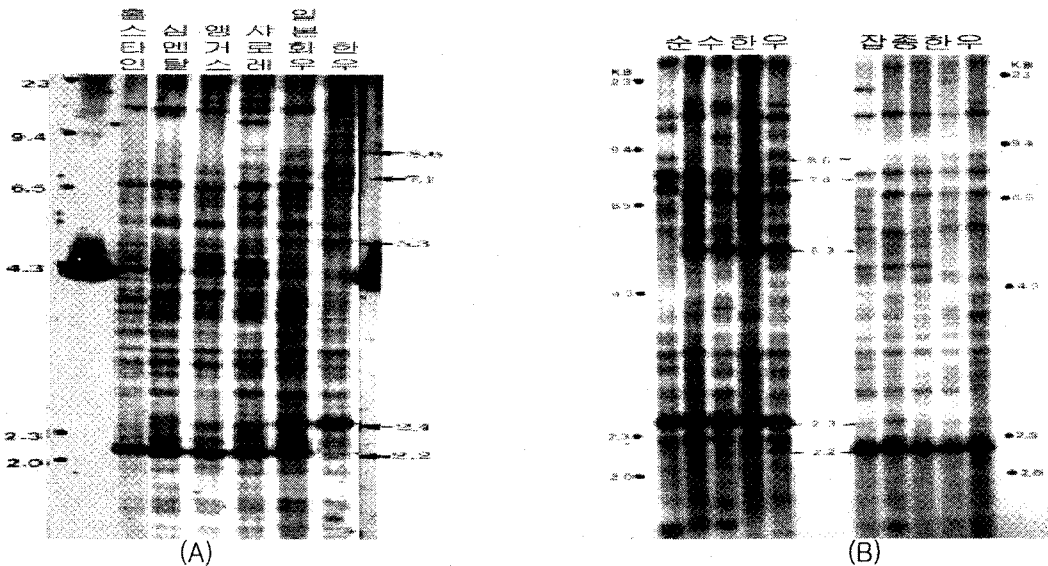


그림 1. 한우와 외국 축우품종들과 DNA지문의 비교(A)와 유전적으로 순수한 한우의 선정(B) DNA표식(→)

형임을 예측할 수 있다.

이 DNA분석의 결과에서 한우는 전반적으로 개체들이 서로간에 DNA구성의 양상에 변이가 많아 다른 축우 품종에 비해 유전적 동질성의 떨어지는 품종으로 분석되었지만, 반면에 한우의 유전적 개량소지는 다른 축우들 보다 많은 것으로 예측되었다.

## 2. 한우가계의 친자확인

모든 동물에서 자손의 유전자 구성은 부와 모로부터 반반씩 전달받는 것이 집단유전학의 기본이론이다. 자손은 부모가 가지고 있는 유전자 구성 중에서 임의로 전달 받게되는 생명체로서 돌연변이에 의하지 않고는 부모의 유전자 외의 유전적 구성을 나타낼 수가 없다. 이러한 원리를 설명하는 친자확인의 유전자지문 결과는 그림2와 같이 부와 모 그리고 이들의 자손 DNA 유전현상을 직접 확인할 수가 있다.

지금까지 한우의 개량이 많은 마리수의 집단에서 통계적인 분석을 통해서만이 예측할 수 있었으나 DNA연구를 통해서 부와 모, 그리고 자손의 가계에 대한 유전양식을 명확히 규명할 수 있어 원하는 유전자(DNA)가 자손에 전달하는지를 직접 눈으로 찾을 수가 있고 부나 모의 어느 부분이 얼마만큼 유전되는 지도 알 수가 있어 한우개량의 기본이 되는 정확한 가계형성과 기초집단의 형성이 정확하게 이뤄질 수 있다.

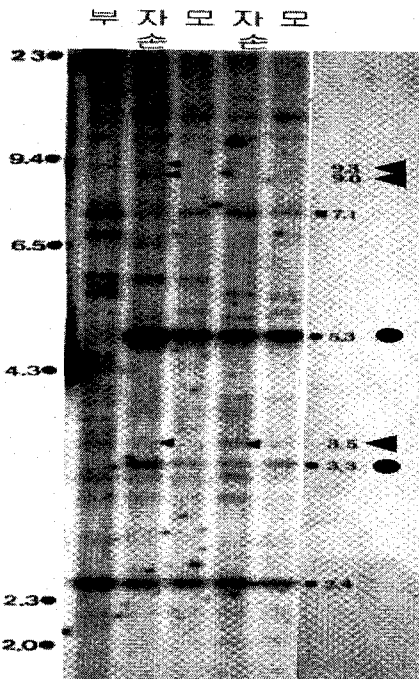


그림 2. 유전자지문에 의한 한우의 가계분석

(S:부, D:모, O:자손)

\* 자손의 밴드 중 ;모에서, ;부에서, ;부모 양측에서 물려받은 DNA

3. 경제형질에 관련된 DNA 표식

한우의 경제형질들을 조절하는 DNA 표식을 찾는 것은 복잡한 절차와 다양한 기술에 의하여 만들어지는 결과들을 분석하여 판정하는 것이다. 최근 한우에 대한 중요한 경제형질인 일당증체량과 근내지방도와 연관된 DNA 표식을 규명하고자 한 연구에서 얻어진 부분적 결과는 그림 3에서 같이 먼저 능력이 높은 개체들과 낮은 개체들 간의 비교로서 1차 DNA표식의 검색을 할 수가 있다.

1) 일당증체량의 DNA표식

DNA지문에서 얻어진 여러 종류의 DNA표식을 전체집단에 적용시켜 판정하는 과정을 통해 일당증체량과 관련된 3종류의 DNA표식을 발견하였다. 표 2와 같이 우리가 쉽게 판별할 수 있는 것은 3종류의 DNA표식 중 하나 또는 둘, 그리고 3개 모두를 가지고 있는 개체들 그룹의 평균체중은 735-758g으로 어떠한 DNA표식도 가지고 있지 않은 개체들 그룹의 성적평균 702g 보다 33-56g 높았다. 이러한 결과는 705일령 거세우의 시장 출하일령을 고려할 때 약 35kg 체중을 높일 수 있다는 것을 의미하는 결과였다.

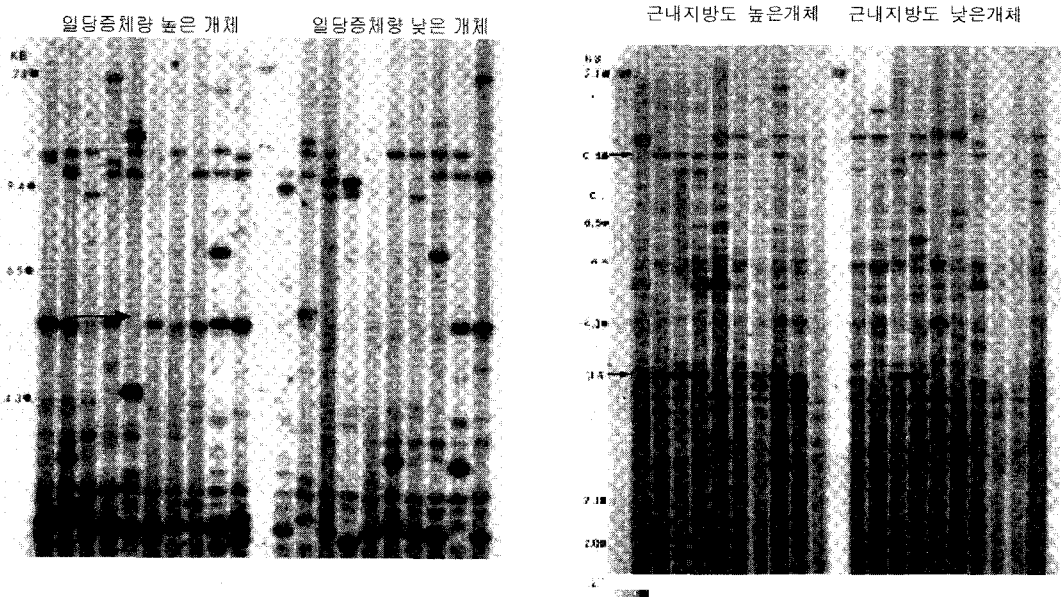


그림 3. 일당증체량(왼쪽 그림)과 근내지방도(오른쪽 그림)에 연관된 DNA표식(→)

&lt;표 2&gt; 한우의 일당증체량과 DNA표식의 분포

	새로운 유전공학적인 기법	기존의 통계학적 방법
실험재료	재료의 채취(혈액, 조직, 생식세포 등)용이	검정을 위한 수년간 계획적인 사육
대상가축	년령과 성(性)에 무관	경제수명의 종료시 까지
대상 경제형질	수컷에 나타나지 않는 형질, 도축 후에 평가되는 형질의 분석 가능	수년 간의 후대검정
결과의 분석	실험결과의 정확성과 단순성	방대한 자료의 분석
결과의 활용	DNA확인으로 간편함	수년간 사육과 능력검정

## 2) 근내지방도의 DNA표식

한우산업에서 수입되는 쇠고기와 차별화 할 수 있는 가장 중요한 형질인 근내지방도와 관련된 DNA표식은 표 3과 같이 2종류가 발견되었고 이러한 DNA표식이 육질등급에서 얼마정도 영향하고 있는지에 대한 결과는 표3과 표4에 제시하였다. 한우에서 고급육의 생산은 거세를 통하여 고급육 사양체계가 정확하게 이뤄져야하는 전제가 있기 때문에, 표 3은 사양관리환경이 우수한 농가들의 결과이고 표 4는 고급육 사양관리 환경이 미흡했던 곳의 결과이다.

고급육사육 환경이 좋았던 표 3의 결과에서 DNA표식인 9.4와 3.6을 가진 개체들은 3등급 출현이 전혀 없이 1등급 출현율이 94.4%와 82.5%로 나타나고 있다. 반면에 이러한 DNA표식이 없는 개체들의 경우 3등급 6.7%와 1등급 40%의 등급 출현으로 이들과 현격한 차이를 보이고 있는 결과였다.

또한 9.4와 3.6표식을 나타내고 있는 한우들의 경우, 일본 쇠고기의 최고 육질등급인 5등급출현이 80.6%와 60%로 DNA표식이 없었던 개체들의 13.3%에 비교해 볼 때 9.4와 3.6 DNA표식은 분명히 한우의 근내지방 형성을 조절하는 기능을 가진 DNA표식이라는 것을 알 수가 있었다.

표 4의 고급육 사양관리 환경이 좋지 않은 한우집단에서도 표 3의 한우집단들과 DNA표식의 구성비율은 비슷하였으나, 사양관리 환경이 나빴던 한우들의 전체적인 육질 1등급 출현율이 32.3%로서 표 3의 사양관리 환경이 좋았던 농가들의 평균 1등급 출현율 71.4%와 현격한 차이가 있어 이러한 결과는 고급육 사양관리 환경이 DNA표식의 근내지방 능력 발현에 크게 영향하고 있음을 알 수 있는 자료라 생각된다. 그러나 표4에서 사양관리 환경이 좋지 않은 경우라도 9.4와 3.6 표식을 가진 한우 개체들의 1등급 출현율은 50%와 48.5%로 DNA표식이 없는 한우개체(none)들의 21.1%와 비교할 때 현격한 차이를 보이고 있어 DNA표식이 한우의 근내지방도와 분명한 관련이 있거나 사육환경에 따라 육질등급의 출현율이 다르게 나타나고 있음을 알 수가 있다.

〈표 3〉 고급육 사양관리 환경이 우수한 한우집단의 근내지방도 등급과 DNA표식의 분포

육질 등급		DNA표식		9.4	3.6	9.4/3.6	0 / 0 DNA표식없음	전 체
		한국	일본					
3등급 두수 (비율)	1	0 (0%)	0 (0%)	4 (4.8%)	2 (6.7%)	6 (3.2%)		
	2	1 (2.8%)	2 (5%)	13 (15.7%)	4 (13.3%)	20 (10.6%)		
2등급 두수 (비율)	3	1 (2.8%)	5 (12.5%)	10 (12%)	12 (40%)	28 (14.8%)		
	2등급 전체	2 (5.6%)	7 (17.5%)	23 (27.7%)	16 (53.3%)	48 (23.4%)		
1등급 두수 (비율)	4	5 (13.9%)	9 (22.5%)	19 (22.9%)	8 (26.7%)	41 (21.7%)		
	5	29 (80.6%)	24 (60%)	37 (44.6%)	4 (13.3%)	94 (49.7%)		
	1등급 전체	34 (94.4%)	33 (82.5%)	56 (67.5%)	12 (40%)	135 (71.4%)		
전 체 두수 (비율)		36 (100%)	40 (100%)	83 (100%)	30 (100%)	189 (100%)		

〈표 4〉 고급육 사양관리 환경이 열악한 한우집단의 근내지방도 등급과 DNA표식의 분포

육질 등급		DNA표식		9.4	3.6	9.4/3.6	0 / 0 DNA표식없음	전 체
		한국	일본					
3등급 두수 (비율)	1	3 (12.5%)	5 (15.1%)	21 (33.3%)	7 (36.8%)	36 (26.0%)		
	2	5 (20.8%)	2 (6.1%)	12 (19.0%)	5 (26.3%)	24 (17.3%)		
2등급 두수 (비율)	3	4 (16.7%)	10 (30.3%)	17 (27.0%)	3 (15.8%)	34 (24.5%)		
	2등급 전체	9 (37.5%)	12 (36.4%)	29 (46.0%)	8 (42.1%)	58 (41.7%)		
1등급 두수 (비율)	4	7 (29.2%)	14 (42.4%)	6 (9.5%)	1 (5.3%)	28 (20.1%)		
	5	5 (20.8%)	2 (6.1%)	7 (11.1%)	3 (15.8%)	17 (12.2%)		
	1등급 전체	12 (50.0%)	16 (48.5%)	13 (20.6%)	4 (21.1%)	45 (32.3%)		
전 체 두수 (비율)		24 (100%)	33 (100%)	63 (100%)	19 (100%)	139 (100%)		

## 3) 육량과 육질형질 모두에 관련한 DNA표식

&lt;표5&gt; 한우의 육량, 육질형질들의 능력과 DNA표식의 분포

	경 제 형 질 및 D N A 표 식								
	11.3	9.4	3.6	<b>11.3/9.4</b>	11.3/3.6	9.4/3.6	11.3/9.4/3.6	0 / 0 / 0 DNA표식없음	전 체
<b>등 지 방 두 겹 (mm)</b>									
두 수	14	35	46	<b>16</b>	20	91	40	31	293
평균	8.57 <sup>bc</sup>	9.69 <sup>ab</sup>	9.76 <sup>ab</sup>	<b>8.06<sup>c</sup></b>	8.90 <sup>b</sup>	10.17 <sup>a</sup>	8.63 <sup>bc</sup>	9.16 <sup>b</sup>	9.45
표준오차	0.97	0.71	0.59	<b>0.79</b>	0.64	0.45	0.67	0.54	0.23
<b>일 당 증 체 량 (g)</b>									
두 수	14	35	46	<b>16</b>	20	91	40	31	293
평균	701 <sup>b</sup>	740 <sup>a</sup>	737 <sup>a</sup>	<b>748<sup>a</sup></b>	733 <sup>ab</sup>	745 <sup>a</sup>	737 <sup>a</sup>	746 <sup>a</sup>	739
표준오차	15	11	11	<b>16</b>	13	7	11	13	4
<b>근 내 지 방 도 (19등급)</b>									
두 수	14	35	46	<b>16</b>	20	91	40	31	293
평균	10.29 <sup>cd</sup>	14.26 <sup>ab</sup>	13.76 <sup>b</sup>	<b>15.63<sup>a</sup></b>	13.10 <sup>c</sup>	12.18 <sup>c</sup>	11.03 <sup>cd</sup>	9.36 <sup>d</sup>	12.38
표준오차	1.02	0.66	0.61	<b>0.95</b>	0.92	0.52	0.83	0.87	0.28
<b>등 심 단 면 적 (cm<sup>2</sup>)</b>									
두 수	14	35	46	<b>16</b>	20	91	40	31	293
평균	80.71 <sup>b</sup>	82.60 <sup>ab</sup>	82.80 <sup>ab</sup>	<b>86.38<sup>a</sup></b>	82.90 <sup>a</sup>	80.36 <sup>b</sup>	79.75 <sup>b</sup>	81.00 <sup>b</sup>	81.52
표준오차	3.18	1.43	1.07	<b>1.76</b>	1.86	0.82	1.24	1.31	0.47

일반적으로 한우 쇠고기의 가격결정은 육질등급에 의해서 크게 좌우되지만 육량이 C에서 1등급(C1)은 농가에 이득이 되지 못하고, 성장이 나쁠 경우 또한 육량에서 손실이 있기 때문에 육량과 육질의 중요한 형질들을 모두 고려한 DNA표식과의 관계를 제시한 결과는 표 5와 같다. 일당증체량, 등지방두께, 근내지방도, 그리고 등심단면적과 연관된 모든 DNA표식을 통합하여 육량과 육질을 개량할 수 있는 경우는 11.3과 9.4의 DNA표식을 가진 개체들의 경우 등지방두께가 제일 얇고, 일당증체가 가장 우수하며, 근내지방도 등급이 최고이면서 등심단면적이 가장 넓은 경우를 예측할 수 있음을 알 수가 있었다.

## 4. DNA표식의 활용

지금까지 개발된 DNA기술을 이용한 한우의 DNA연구는 한우가 국제경쟁력을 갖는데 가장 손쉽게 적용할 수 있는 유전적 개량방법이라고 판단될 때 지금까지 수행되어 온 한우개량체계와 병용하여 접목할 수 있는 분야를 살펴보고자 한다.



## 1) 한우등록사업에 한우의 고유한 DNA marker의 활용

외형과 혈통등록으로서 이뤄지는 한우의 등록에 한우의 고유한 DNA 표식을 이용하여 한우 등록사업의 정확도를 높일 수 있고, 혈통등록의 경우에도 가계의 고유한 DNA 표식을 기록함으로써 정확도를 높일 수 있을 뿐만 아니라 한우개량을 위한 기초집단의 유전적 순수성 유지에 간편하고 정확하게 이용할 수 있을 것이다.

## 2) 고급육 생산체계에서 DNA 표식의 활용

고급육 생산을 위한 수컷의 거세를 위해 근내지방도와 관련된 DNA 표식이 있는지 없는지를 확인하여 거세여부를 결정하여 거세를 한 후 3등급 출현을 최소화시키고 1등급 출현을 증가시켜 농가의 안정적 고급육 생산체계를 이룰 수 있을 것이다.

## 3) 한우의 종축 선발에 DNA 표식의 활용

육량과 육질에 중요한 경제형질인 일당증체량, 등지방두께, 근내지방도, 그리고 등심단면적과 관련된 DNA 표식을 가진 종모우와 종빈우를 선발하여 이들 간의 교배에 의한 우수한 유전형질을 가진 자손을 생산하기 위해 기존의 보증 종모우(KPN)와 한우개량단지 내의 종빈우를 DNA 표식 검정을 통한 교배함으로써 자손들(비육 밀소)의 개량이 가능할 것이다. 더 나아가 이들로부터 생산된 수정란을 대량 생산하여 농가에 보급함으로써 우수한 형질의 자손을 대량 생산함으로써 한우의 능력개량에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

## 구제역이란?

### ● 구제역은 접촉, 차량, 공기, 남은 음식물 등으로 전파됩니다

- 감염동물의 수포액이나 침, 유즙, 정액, 분변, 호흡 등 직접접촉으로
- 감염된 동물을 수송한 차량에 의해서
- 구제역 바이러스에 오염된 고기, 사료, 물, 공기 등으로
- 구제역 발생농장을 방문한 차량, 사람에 의해 광범위한 지역으로 빠르게 전파됩니다.

## ● 입, 코, 젖꼭지, 혀 발굽, 피부에 물집이 생깁니다

- 구제역의 잠복기간은 14일 이내입니다(보통 2~8일).
- 소는 체온상승, 식욕부진, 침울, 산유량의 급격한 감소(50%) 등의 증상이 나타납니다.
- 발병후 24시간 이내에 심하게 침을 흘리고, 혀와 잇몸 등에 물집이 생기고 입맛을 다시는 소리를 내기도 합니다.
- 큰소의 폐사율은 5% 미만이나 송아지의 폐사율은 큰소에 비하여 높습니다.
- 임신우는 유산을 일으키기도 합니다.
- 돼지는 발굽의 물집이 파열되면 잘 걷지 못하고 절뚝거리거나 무릎으로 기어다니고, 콧잔등에도 큰 물집이 형성됩니다.
- 새끼돼지의 폐사율은 50정도이며 때로는 성돈도 죽습니다.

