

젖소 경제 수명의 유전적 개량

번역 : 최 태 일

Kent A. Weigel(University of Wisconsin)

젖소의 수명은 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는다. 우선 비유전적인 요인으로는 우사의 크기, 우상 형태, 과밀 정도, 방열 기구, 영양상태, 수의사 진료, 우군 확대 계획, 생산량 제한, 대체우의 규모 등을 들 수 있다.

젖소 수명의 유전적 개량 목적은 순산, 정상적인 발정주기와 발정 발현, 수태당 임신율을 높이고, 적당한 체형 유지, 대사성 질환에 대한 내성을 가진 개체를 만드는 것이다. 그러기 위해서는 유방에 상처가 생기지 않도록 하고, 유방염에 걸리지 않으며, 주기적인 발굽 관리로 젖소가 편안하게 걷고 서 있을 수 있도록 해주는 것은 물론, 정상적인 성상의 원유를 생산해야 하지만, 너무 많은 수의 젖소가 이러한 일을 제대로 하지 못하고 너무 빠른 시기에 우군에서 빠져버린다.

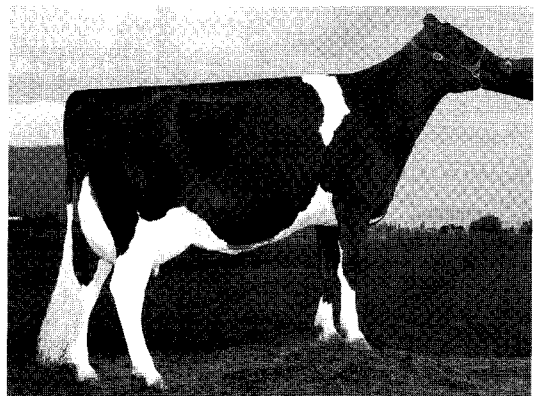
어떤 경우에는, 유전적으로 결함이 있는 개체가 있을 수도 있고, 환경적으로 매우 열악한 상황에 처해 있을 수도 있다. 그리고, 수명·임신·분만형태·질병에 대한 내성 등에는 혈통간 많은 유전적 변수가 있기도 하다. 따라서 도태할 수 밖에 없는 각종 질환에 대해서 내성을 가지고 있는 혈통을 선발하는 직접적인 방법이나 개별적인 형질에 대해

서 우수한 능력을 가진 혈통을 선발하는 간접적인 방법을 통해서 젖소의 수명을 연장시킬 수 있다.

연간 우군 갱신율

낙농가의 입장에서는 젖소의 연간 '갱신율' 과 '대체율' 이라는 말은 그렇게 좋은 느낌이 아니다. 그리고, 우군에 대한 대체율로는 그 목장에 어떠한 문제가 있는지에 상세하게 알 수가 없다. 따라서 목장주는 어떤 개체를 교체해야 하는 것인지와 그 시기에 대해서도 정확하게 알고 있어야 한다.

보통 우군 내 생산력이 떨어지고 늙은 개체일수록 비유 말기에 도태가 되고 그 자리에 유전적으로 우수한 젊은 개체로 대체된다. 그러나 난산·유방



염·발굽 질환·케토시스·대사성 질병 등으로 젊고 생산력이 뛰어난 개체가 도태되거나 비유 초기에 사망하는 경우도 많다. 그래서 어쩔 수 없이 외부에서 초임우를 구입하게 된다. 따라서 목장간 대체율이 같다고 하더라도 우군에 대한 해석은 다르게 나타날 수밖에 없다.

대체 초임우를 너무 많이 가지고 있는 우군에서는 대체율 계산에 있어 오류가 있을 수 있다. 한 쪽에서는, 첫 분만 전에 너무 많은 초임우를 판매하고, 다른 쪽 우군에서는, 암송아지를 분만하는 동시에 착유우군 내에서는 생산성이 낮은 개체를 엄격하게 도태하는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 경우에는 건강, 수태 및 생산성 관리 차원에서 성공적일수는 있지만, 전자(筋子)의 경우 연간 대체율이 상당히 낮게 평가를 받을 것이다. 일반적으로, 우군의 대체율과 갱신률이 낮다는 것은 해당 목장 젖소의 복지·건강·생산성이 우수하다고 해석할 수 있다. 그러나, 대체율은 잘못 평가될 수 있어 도태 원인과 도태 시기에 관한 더 정확한 정보가 있어야 한다. 또한, 우군 갱신률은 우군의 규모 확대와 초임우의 가격과 같은 외부 요소에 의해 많은 영향을 받고 있다.

도태 원인

산유량 제한 정책이 도태의 원인이 되기도 한다. 젖소는 낮은 생산성·유방염·번식 문제 등으로 도축·다른 농가에 판매 혹은 고기소로 팔리기도 한다. 실질적인 도태 원인을 분석한다는 것은 국가 전체 우군에 대한 통계를 연구할 때 유용하다.

그러나 농가별로 상이한 관리 수준을 비교할 때나, 특정 혈통의 유전적 장점에 대한 결론을 도출하고자 할 때에는 보고된 도태 원인으로 인해 잘못된 결과를 이끌어 낼 수 있다. 도태 원인은 다양하다. 예를 들어, 케토시스나 제4위 전이가 있었던 개체는 분만시 난산으로 이어질 수 있고 이후에는 생

산성이 떨어지고 발정재귀가 제대로 되질 않아 도태된다. 보통 낙농가는 생산성이 낮거나 수태가 되질 않아서 혹은 질병에 걸린 개체는 팔아버린다. 도태 원인이 종종 목장의 실제 문제에 대한 막연한 지표가 되기도 한다. 간혹, 도태 원인과 도태된 개체의 실제 건강과 번식 기록사이에 모순이 존재할 수도 있다.

비유기 내 도태 시기

미네소타 대학의 스티브 스투워드 박사는 도태 원인의 간접적인 지표로서 비유기내 도태 시기를 이용하자는 주장으로, 비유기 동안 특정 시기에 도태된 개체의 전체 원인을 구분한 그래프로 도식화하였다. 그래프를 보면, 분만에서부터 440일 동안 매 3주마다 도태된 마리수는 2001~2003년에 분만한 개체의 59,390두였다.

분만 후 62일 이내에 도태된 개체는 분만 당시 발생한 문제나 혹은 비유와 관련된 대사성 질환으로 인해 도태되었다고 볼 수 있다. 그러나 63~293일 사이에 도태된 개체는 유방염이나 발굽 질환으로, 294일 이후는 수태 문제로 도태되었다고 각각 가정할 수 있다. 예외 사항으로, 최근에 도태된 젖소는 수태를 하지 못한 것으로 보여지고 있다. 우군 내 도태 적기에 관한 분석은 갱신률이나 도태 원인을 관찰함으로써 관리 상황을 객관적으로 알 수 있다. 더군다나, 비유 초기에 도태된 낭우(娘牛; 종모우에서 태어난 '딸소')에 대한 종모우의 유전적 평가는 질병이나 질환에 대한 민감성 측면에서 유용한 지표가 된다.

예를 들어, 비유 초기 생존 가능성에 대한 종모우의 유전율을 계산할 수 있고, 분만 시 발생하는 여러 가지 문제를 피하며, 분만 후의 대사성 질환에 내성을 가질 수 있도록 낭우의 종모우를 밝혀낼 수 있다.

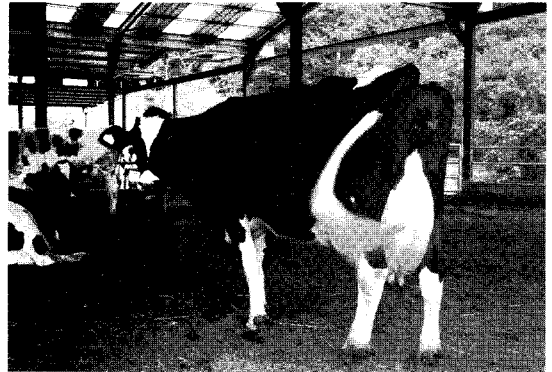
구성 형질의 간접 선발

인위적인 선발을 통해, 젖소의 수명을 연장시키 고자 하는 최초 시도는 1970년대에서 1980년대 초 반부터 시작되었다. 그 후로 형질과 수명은 동의어 로 간주되고 있다. 높고 넓은 뒷유방, 강력한 정중 제인대, 잘 부착된 앞유방과 균형 잡힌 유두를 가 진 낭우의 종모우는 수명에 있어서도 우성으로 간 주하고 있으며, 튼튼한 발목, 발굽 각도 등도 같은 기능을 한다고 한다.

수많은 연구를 통해 선형형질 특성과 수명간의 유전적 상관관계가 있다는 것이 강조되고 있다. 연 구 초기에는 수명과 선형형질 특성간 유전적인 상 관관계의 평가에 의존했는데, 당시 젖소의 수명은 60, 72, 84개월정도 였다.

그러나 이러한 연구들은 크게 두 가지 한계 상황 에 봉착하게 되었다. 첫째, 형질-수명의 상관관계 를 평가하는 유전적 관련 측도 이용이 선형 관계만 을 평가하는 연구를 제한시킨다는 것이다. 수명과 관련하여 딱 들어 맞게 선형 관계에 있는 형질이 거 의 없다. 그리고 선호도는 높아지지만, 그 중요도가 점차 줄어들고 있는 차선적인 형질의 역할은 유 전적인 상관관계를 이용해서 평가할 수는 없다는 것이다. 두 번째, 젖소 한 마리가 살아있는 동안 가 지고 있는 모든 유전능력을 보여줄 수 있는 시간이 라는 것은 결과 도출을 위해 너무 많은 시간이 소요 된다는 것이다. 예를 들어, 1992년에 이루어진 한 연구에서는 실험 대상우 중 가장 어린 개체는 실제 1982년생이었다. 10년 이상에 걸친 유전 및 관리 방법의 개선책은 연구 결과가 출간 되기 전에 도출 되었다.

2004년에 이루어진 연구에서 생존 분석 방법을 이용하여 앞서 기술한 두 가지 제한 사항을 해결하 였다. 수많은 연구 결과로, 선형형질 점수는 몇몇 카테고리 로 구분되고, 형질-수명 관계에 있어 제



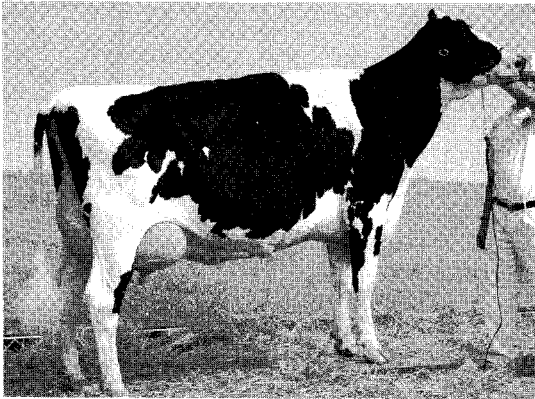
한 사항이 없어졌다. 또한, 생존 분석법을 통해 아 직 살아있는 개체의 검증된 기록들에 대한 모형화 가 가능해졌기 때문에, 이전 연구들보다 더 시기 적절한 연구를 할 수 있게 되었다.

결과에 의하면, 뒷다리 자세, 엉덩이 기울기 등 은 최선의 형질은 아니더라도 차선의 선택 사항이 될 수 있는 반면, 유방 부착, 유두 배열상태, 뒷다 리 기울기 등은 점차 그 중요도가 떨어지고 있는 형 질이라고 한다. 더 중요한 것은, 유방의 깊이, 앞뒤 유방 부착 정도와 전체적인 유방 형태 등은 젖소의 수명 측면에서 중요해지고 있으며 뒷다리 기울기 등은 차상위로 밀려나고 체고는 중요하지 않다고 한다.

신체적인 균형이 중요하지만, 1990년대에 존재하 고 있던 형질이나 생산성 형질은 젖소 수명에 있어 유전 변이의 중요한 부분을 아직까지 규명하지 못하 고 있다. 수많은 연구를 거치면서, 낭우에게 우수한 생산성이나 형질을 물려준 종모우들이 너무 빨리 실험 우군에서 사라지고 있는 사례도 많았다. 그래서, 형질은 종모우의 낭우 예상 수명, 실제 도태와 번식 을 설명할 간접적인 지표로 이용될 수 있다.

생산 수명에 대한 직접적인 선택

1994년 미국 농무성에서 생산수명에 대한 유전



적 평가 결과를 발표하였다. 이는 분만에서 84개월령까지, 착유 기간을 10개월로 한 전체 월령에 대한 평가였다. 실험에 참여한 대부분의 젖소가 84개월령에 도태가 되었기에, 결과치에 대해서는 모두가 수궁할 수 있는 기간이었다. 사실, 기간을 몇 개월 더 연장시켜 얻을 수 있는 추가적인 이득도 있겠지만, 생산 수명이 8, 10, 12년이 되더라도 결과는 무시해도 될 만큼 미미한 수준이라고 한다.

분만 시점은 제각각 다를 수 있기 때문에, 생산 수명의 정의에 있어 첫 분만 월령이 빠른 개체일수록 더 유리하였다. 그러나 대부분 개체의 첫 분만 시 나타나는 표현형에는 큰 차이가 없었다. 착유 기간을 10개월로 제한 시켰는데, 건유기간이 길어지거나 분만간격이 길어진 개체에 대해서는 감점을 주었고, 분만 305일까지의 자료만 활용하였다. 그러나 제한 조건으로 인해 번식 측면에서 생산 수명과 다른 형질 사이의 유전적 상관관계에서 일부 의도하지 않은 결과가 도출되기도 하였다.

Tsuruta(2005)는 산유량과 생산수명 간의 유전적 상관관계는 305일 착유에서는 -0.11 이었지만, 착유500일에는 $+0.08$, 착유 999일은 $+0.14$ 까지 된다고 한다. 공태기간과 생산 수명간의 유전적 상관관계는 305일 착유에서는 -0.62 , 500일 -0.36 , 900일은 -0.27 이었다.

현재 미국 내에서 착유 일수의 365일 혹은 400일의 연장에 대해서 많은 논의가 되고 있다. 비유기 당 생산수명 신뢰도의 제한, 확대 혹은 배제에 관한 논쟁의 요점은 낭우 수태율(DPR)에 대한 종모우 평가가 일반적이고, 생산수명을 이용한 번식의 간접적인 선발이 더 이상 유용하지 않다라는 것이다. 아직까지 살아있는 개체의 기록은 도태되거나 84개월령까지 자료가 축적된 개체의 전체 착유 일수를 평가하기 위해서 새로운 자료로 이용할 수 있는 것이 현재 생산수명에 관한 국가 전체 유전적 평가의 주요 측면이다. 그렇기 때문에, 84개월령 개체의 생산수명에 대한 종모우의 PTA를 계산하는데 있어 크게 시간적으로 지체되거나 공백은 생기지 않지만, 2~3산차 산유량에 근거를 둔 305일 착유 기록보다는 정확성이 떨어질 것이다.

상관 형질에 대한 조화롭지 못한 자료

생산수명의 유전적 평가를 바라보는 주된 관심사는 종모우의 낭우에 대한 도태 관련 자료를 얻기 위해 소요되는 시간이다. 유전적 선발계획에서 세대간격이 짧을수록 유리하기 때문에, 가능한 빠른 시간 내에 종모우를 선발할 수 있도록 인공수정과 혈통교배가 이용되고 있다. 그러나 최근 검정된 종모우 정액은 수정란 이식이 널리 보급되어 대부분의 낭우가 아직 살아있다.

특정 종모우의 낭우가 일반 종모우의 낭우보다 성장 정도가 빠르거나 늦어진다면, 해당 종모우의 PTA 결과는 장기간 왜곡될 수가 있다. 그래서 Weigel은 형질, 생산성, 체세포와 같이 보정된 형질을 이용하는 방법을 개발하여 종모우의 생산수명에 대한 PTA를 간접적으로 예측할 수 있도록 하였다. 이 방법을 통해 종모우에 대한 간접적인 예측치는 실제 도태자료와 직간접적인 예측 신뢰도에 의한 체중을 이용해서 직접적인 예측치와 결합시킬 수 있다.

결합 PTA는 직간접적인 예측보다 신뢰도가 더 높아 질 수 있다. 결합 생산수명 예측치는 대부분의 종모우에 대한 직접 예측치보다 더 정확하기는 하지만, 항상 예외가 있다. 가장 혼란스러운 경우는, 특정 종모우의 낭우가 첫 비유기의 성적은 아주 우수하지만 신체적인 성숙 정도가 평균 이하가 되는 경우이다. 이러한 종모우는 생애 초기에는 높은 간접 예측치를 가지지만 장기간에 걸친 PTA는 점차 감소한다. 결국은 해당 낭우도 예측치보다 빨리 우군에서 도태된다.

생산 수명의 유전적 추세

미국 농무성에 따르면 젖소의 생산 수명은 유전적 추세에 의해, 지난 40년 동안 유전적으로 약 6개월 연장되었다고 한다. Sewalem에 의하면 2005년 캐나다의 홀스타인도 비슷한 추세를 보였다고 한다. 그러나 일반 대부분의 농가들은 아직도 도태 문제가 존재하고 있으며, 이러한 결과에 나타난 표면적인 수치도 점차적으로 줄어들고 있다고 한다. 이에 대한 신빙성 있는 설명으로는 오늘날의 젖소는 유전적인 생산수명은 우수하지만, 관리와 영양상태는 점차 악화되고 있다는 것이다.

40년 전의 40두 우군에서의 젖소는 하루 20~25kg 산유량에 스트레스가 거의 없었다. 오늘날 젖소의 생산성은 예전보다 거의 두 배가 늘어났지만, 개체별로 받고 있는 관심은 줄어들었다. 관리 방법도 엄청나게 바뀌었다. 1960년대 TMR 이나 모래 우사와 같은 것들이 없었다. 최적의 결과를 만들기 위해 유전학과 관리방법은 유기적으로 결합을 해야 하며 어느 한 쪽이 더 중요하다라고는 할 수 없다.

건강 형질의 기록

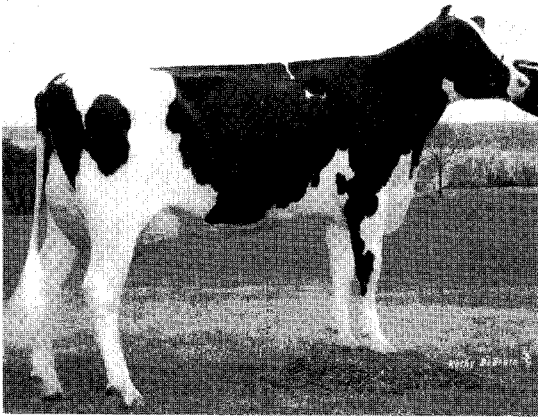
전세계적으로, 특정한 질병과 질환에 대한 국가적인 데이터베이스를 가지고 있는 나라는 스칸디나비아 연안국 밖에 없었다. 그러나, 최근 Zwald는

미국 내 젖소 종모우에 대한 유전 평가를 목적으로 한 농가용 우군 관리 프로그램을 개발하여 젖소의 건강과 관련된 자료 정리의 가능성을 보여주었다.

Alta Genetics Advantage Progeny Test Program에 의하면 105,029두의 4위 전이, 케토시스, 유방염, 발굽 질환, 난포낭종, 후산정체 등을 정리하였는데, 비유 중 4위 전이는 3%, 케토시스 10%, 유방염 20%, 발굽 질환 10%, 난포낭종 8%, 그리고 후산정체 21% 가 나왔다.

농가에서 보고된 사고율은 수의사와 다른 평가자에 의한 것보다 수치가 낮았다. 농가들 사이에서 수집한 기록에 있어서도 많은 차이가 있었는데, 일부 질병에 대해서는 서로 다른 진단과 처방에 있었다. 또한, 실제 농가에서도 같은 질병에 있어서도 다른 코드를 부여하기도 하였다. 가장 큰 문제는 농가들의 기록이 일회성에 그치고 있고, 특정한 질병이나 질환이 발생했을 때 진단, 문제 해결 시기 또한 문제가 해결된 이후에는 기록을 중단해 버림으로써 실제 농가와 우군 관리 방법 사이에 있었던 자료가 무용지물이 되는 경우가 많았다. 그러나, 정액 업체에서 공급한 인공수정 관련 프로그램의 상이함으로 인해 기록의 불일치, 오류, 편향된 기록 작성을 더욱 부채질해 버렸다. 젊은 종모우의 정액은 인공수정을 통해 동시다발적으로 수백의 우군으로 확산되었고, 해당 종모우의 PTA 결과는 50~80두 규모의 우군에서 70~120 낭우를 기본으로 하였다. 종모우 X의 낭우와 종모우 Y의 낭우를 동일한 목장, 시점에서 비교 분석을 할 때에는 관리 방법의 변화, 질병, 기후 혹은 우군 확대와 같은 요소들은 요인들이 낭우들에게 영향을 끼친다. 이 과정은 수백 우군에 걸쳐 반복되었기 때문에, 더 정확하고 안정적인 유전적 평가를 얻을 수 있게 되었다.

Zwald는 4위 전이의 유전율이 0.14, 케토시스



0.06, 유방염 0.09, 발굽 질환 0.04, 난포낭종 0.04, 후산정체는 0.06이라고 발표하였다. 비록 이러한 수치들이 낮게 나왔지만, 노르웨이, 스웨덴, 덴마크, 핀란드에서 정부의 지원 하에 이루어진 국가적인 프로그램에서 수의사들이 기록, 정리한 질병 발생 결과치에 대한 유전율과 거의 같은 범위에 있었다는 흥미로운 결과가 나왔다. 더구나, 이러한 질병의 추정 유전율은 현재 미국 농무성에서 평가한 몇몇 형질의 유전율만큼 높았다.

이러한 형질은 보통 이중으로 기록되었기에, 통계학적 분석을 위해 당연히 임계 모형 (threshold model)을 선택해야 한다. 특정한 관리 시스템을 갖춰두면, 앞서 도출한 결과를 이용하여 비유기 동안에 발생할 수 있는 질병에 대해서 예측이 가능하다. Zwald는 하위 10위와 상위 10위 사이에 있는 종모우들의 난우가 첫 분만을 한 후에 질병 발병 가능성에 대한 평균 PTA 범위는 4위 전위는 0.017~0.061, 케토시스 0.063~0.132, 유방염 0.129~0.259, 발굽 질환 0.077~0.131, 난포낭종 0.052~0.091, 후산정체 0.151~0.271이라고 했다.

형질은 비유 초기의 질병 발생 가능성, 번식 질환 발병 가능성 등으로 구분할 수 있고, 첫 비유기 동안 앞서 언급한 6가지 질환에 대해서도 서로 교차 시켜 그 가능성을 예측할 수 있다. 추가적으로

얻을 수 있는 기록을 이용하면 특정 질환과 대사성 질병에 대해서도 아주 유용하기 때문에, 이러한 형질들은 생산수명에 대한 직접적인 선택 사항으로서 그 중요도가 인정되어야 한다.

젖소 선정 프로그램에 있어서의 의미

생산수명과 이에 따른 구성 형질의 유전율은 낮지만, 난우수태율·체세포·분만 난이도·특정 질병 질환의 발병·실제 유전적 변이와 같은 것들은 품종간 혹은 혈통간에 존재하고 있다. 이러한 형질들은 지난 10여년 동안 그 중요도가 점차 높아지고 있으며, 대부분의 국가에서는 수명·유방 건강·분만형태 등을 개량목표로 삼고 있다. 앞으로도 특정 질병과 질환·유방염·케토시스·4위 전이·발굽 질환·후산정체에 대한 일반적인 유전 평가의 개발은 계속될 것이다.

조화롭지 못한 인공수정검사 프로그램의 기록이 완전하지는 않지만, 유전자 선택에 있어 효율적으로 진행될 것이다. 그러나, 젖소 개량에 있어 생산수명과 그 구성 요소에 대한 선택의 잠재력에 대해서는 간과하지 말아야 한다. 젖소 개량 산업 구조는 엘리트 젖소의 과잉배란, 후보 종모우의 난우 임신검사, 검정된 정액의 인공수정의 확대 등을 통해 유전적 변화를 빠르게 하고 있다.

생산수명에 대한 일반적인 유전 평가가 1994년에 처음 언급된 이후, 생산수명에 있어 상위 순위에 있는 몇몇 종모우에 의해 우수한 외모가 만들어졌고, 또한 수 백두의 후보 종모우와, 수 천의 난우를 확보하게 되었다. 이러한 변화는 생산수명에 대한 유전적 기록이 활발하게 이용되지 않았다면 불가능했을 것이다. 그래서 난우임신율과 분만 난이도와 같은 형질에 대한 유전 평가가 이루어져 결과 또한 희망적이 될 것이다. ☺