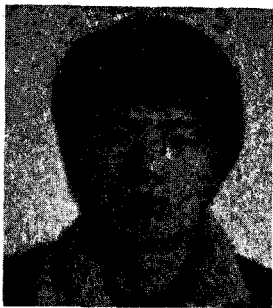


위험 효율적인 유우개량 목정의 생산성을 높이기

2



이 정 규
한국축산서비스

2. 능력 예상차(PD)

능력예상차(Predicted Difference, PD)란 생산성 형질에 대하여 종모우들의 순위를 매길때 적용되는 일종의 육종가이다, PD는 어떤 종모우의 전달능력에 대한 추정치이며, 어떤 종모우의 장래 낭우들이 PD값이 0인 종모우의 장래 낭우들과 비교할때 기대할 수 있는 잉여능력에 대한 추정치이다.

어떤 종모우의 낭우들의 능력은 그들의 동기소들의 능력과 비교를 하게 된다.

미국농무성(USDA)은 종모우 평가시 사용되는 모든 기록은 305일 2회 착유로 보정된다. 또한 분만 연령과 계절에 대한 보정도 정당하게 비교될 수 있도록 실시된다. 산유량에 대한 능력 예상차(PDM), 유단백질(PDP), 유지방(PDF), 지방함량(PD%) 및 순수익(PD\$)등은 미국농무성에서 종모우들의 유전적 차이를 표시하는 용어들이다

동기 낭우 비교법은 C.R.Henderson 박사에 의해 1950년대에 개발되었는데 1965년 이후부터 미국농무성에 의해 전국에 적용되고 있다.

1974년에는 이 방법을 크게 개선하여 Modified Contemporary Comparison(MCC)라고 개칭하게 되었다.

주요한 연구는 MCC에 대한 기초를 세우는데 도움을 준 코넬대학의 Henderson박사와 Paul Miller박사에 의해서 수행되었다. 그들의 기본적인 개념이 Comell대학, North Carolina 대학 및 Iowa주립대학에서 실시된 보조 연구를 거쳐 미국농무성에 의해 국가적인 사업에 적용되었다.

전체적인 이론은 옛날 방법과 큰 차이가 없으나, 낭우의 능력을 평가하고 여기에 준하여 종모우의 유전적 기여를 결정하는데 있어 MCC를 이용함으로써 장래 낭우들의 능력의 척도로서 PD의 정확성을 상당히 높일수 있게 되었다.

1) 능력 예상차이 산출 공식

현재 사용되고 있는 PD계산공식은 다음과 같다.

$$PD82=(1-R)+R(PM)$$

- R=Repeatability(반복력)
- AM=Ancestor Merit(조상의 우수성)
- PM=Progeny Merit(자손의 우수성)

기본적으로 종모우의 유전적인 전달능력은 2가지 독립적인 추정치로 구성되는데, 하나는 혈통(조상의 우수성)으로부터의 추정치이고, 다른 하나는 그의 낭우(자손의 우수성)의 능력으로부터의 추정치이다.

PD는 이들 두가지 불완 추정치들의 가중 평균으로 여기서 반복력이 혈통추정치와 낭우 추정치에 주어지는 상대적인 가중치를 결정하게 된다.

(1) 반복력

반복력은 각 종모우의 PD에 수반되는 백분비 수치로서 다음 사항들에 근거하여 계산된다. 즉, 기록이 있는 종모우의 낭우수, 낭우들이 위치한 축군의 수, 여러축군에 있는 낭우들



종모우의 유전능력은 혈통과 자손의 능력으로 평가할 수 있다.

의 분포, 현재 산차가 진행중인 기록의 경우는 착유일수와 함께 각 낭우의 산차수 등이다.

반복력이 높다는 것은 PD가 근본적으로 그 종모우의 낭우들의 기록에 근거하여 계산된 것을 의미하며, 반대로 반복력이 낮다는 것은 종모우의 낭우수가 너무 적어서 장래 낭우들의 생산능력을 정확하게 추정할 수가 없으며 혈통의 정보에 보다 많이 의지하여 계산된 것임을 의미한다.

장래 낭우들의 생산능력을 추정하는데 있어 정확도는 조상의 정보와 낭우의 정보가 모두 사용되고, 또한 반복력이 그의 최초 낭우들의 생산 능력에 상대적인 가중치를 부여할때 최대로 정확해진다.

(2) 조상의 우수성(AM)

조상의 우수성은 혈통지수(Pedigree Index, PI)와 밀접한 관계가 있다.

반복력이 높다는 것은 능력예상이 근본적으로 그 종모우의 낭우들의 기록에 근거하여 계산된 것을 의미하며, 반대로 반복력이 낮다는 것은 종모우의 낭우수가 너무 적어서 장래 낭우들의 생산능력을 정확하게 추정할 수가 없으며 혈통의 정보에 보다 많이 의지하여 계산된 것임을 의미



좋은 것은 좋은 것을 낳는 경향이 있으며 후보종모우들은 그들의 혈통에서 나타나는 종모우들만큼 강하고 그만큼 약한 것을 전달하게 마련이다.

$$PI = \frac{1}{2}(\text{아버지의 PD}) + \frac{1}{4}(\text{외조부의 PD})$$

다시 말해서 PI는 아버지의 PD의 반과 외조부 PD의 1/4을 합한 것이다. 후보종모우는 그의 아버지로부터 유전자의 반과 그의 외조부로부터 유전자의 1/4을 전달받게 된다. 따라서 PI는 이들 친척 종모우들의 정확한 정보를 활용하게 된다.

좋은 것은 좋은 것을 낳는 경향이 있으며 후보종모우들은 그들의 혈통에서 나타나는 종모우들만큼 강하고 그만큼 약한 것을 전달하게 마련이다.

미국농무성에서는 종모우들의 혈통지수와 그 낭우들의 생산능력(Modified Contemporary Difference, MCD)간의 상관관계를 철저히 추적하고 있다.

이 연구에서는 높은 PI종모우의 낭우가 낮은 종모우의 낭우보다 산유량이 많으며 PI값이 100파운드 더 높으면 그 낭우들은 거의 100파운

드의 우유를 더 생산 하였음을 볼 수 있다. 그러나 그 낭우들의 평균 생산능력(MCD)은 평균 PI보다 낮은 약 60파운드정도였다.

미국농무성에서는 이 PI를 가장 최근년도의 평균차이를 포함한 몇가지 요인들에 대하여 보정하여 조상의 우수성(AM)을 정의하고 있다.

즉 $AM = PI - \text{보정치}$ 조상의 우수성과 낭우의 평균 생산능력(MMCD)은 종모우들의 낭우수가 많으면 이러한 보정이 실시된 이후에도 동일하게 된다.

조상의 우수성은 두마리의 친척(아버지, 외조부) 자체에 대한 평가가 불편 추정치인 PD로부터 구한 종모우 낭우들의 장래 생산능력(MCD)에 대한 불편추정치이다.

(3) 자손의 우수성(PM)

특정 종모우의 낭우들의 우수성은 다음 공식으로 계산한다.

$$PM = D - MCA + SMC$$

D = 낭우들의 평균 생산능력

표2. 혈통지수(PI)와 집단평균

혈통지수(PI)	집 단 평 균*	
	유량(파운드)	유지방(파운드)
> 1,000	+1,184	+32
951~1,000	+850	+25
901~ 950	+907	+27
851~ 900	+839	+26
801~ 850	+666	+19
751~ 800	+778	+21
701~ 750	+590	+15
651~ 700	+661	+16
601~ 650	+472	+11
551~ 600	+450	+11
501~ 550	+463	+11
451~ 500	+500	+11
401~ 450	+353	+8
351~ 400	+329	+7
301~ 350	+270	+6
251~ 300	+247	+3
201~ 250	+121	+3
151~ 200	+16	+1
101~ 150	+103	+1
51~ 100	+57	+0
1~ 50	-25	-1
-49~ 0	-160	-4
-99~ -50	-54	+1
-149~ -100	-230	-7
-199~ -150	-209	-7

* 집단평균은 해당 혈통지수값을 갖는 모든 종모우들의 낭우들중 검정을 필한 모든 기록을 평균한 값이며 여기서의 기록은 MCD 값이다.

MCA=Modified Contemporay Average 즉 동거우들의 평균 생산능력

SMC=Sirres of Modified Contemmporaries, 동일축군 종모우들의 평균 PD

종모우의 순위를 결정하는데는 종모우 배우자의 능력차이가 크게 에러를 야기하지 않는 것으로 밝혀진바 있다.

낭우들의 평균 생산능력은 크게 사양관리에 영향을 받게 된다. 따라서 동일 축군에 있는 모든 유우들이 동일한 사양과 관리를 받게 되다고 가정하며, 해당 축군의 일반 환경 효과는 각 낭우의 생산기록에서 얻은 축군 평균을 빼주므로써 제거되는 것으로 가정한다.

미국농무성에서는 동일축군 평균을 계산할때 동거우보다는 동기이면서 동거우인 경우에 더 많은 가중치를 주므로써 정확도를 높이게 되었는데, 이는 동일 축군에 비슷한 연령인 유우들은 육성시기부터 현재까지 보다 비슷한 환경조건에 영향을 받아 노출되어 왔기 때문이다.

또한 각 종모우의 낭우들이 그들의 어머니 동거우들의 어머니보다 우수하든 불량하든 상관없이 평균으로 그들의 축군에서의 대표부위로 가정한다.

몇몇 연구결과에 의하면 종모우의 순위를 결정하는데는 종모우 배우자의 능력차이가 크게 에러를 야기하지 않는 것으로 밝혀진바 있다.

따라서 PM이란 동거우들의 능력과 낭우들의 능력을 비교하는 일종의 동거우의 비교 방식이다. 여기에 SMC값이 동거우들의 아버지의 유전적 능력을 보정하기위해 추가가 된다. 만약 동거우들의 아버들이 높은 PD값을 갖는 우수한 종모우들 이라면 해당 종모우의 낭우들의 능력은 우수종모우의 낭우들 능력보다 더 우수하거나 또는 더 불량한 생산능력을 기록하게 된 것이다.

(4) 유전적 기저

모든 유전적인 평가는 genetic base라고 불리는 특정 참고점에서의 편차를 의미한다.

미국농무성에서는 현재의 genetic base (PD82)를 정의할때 1982년도에 분만한 모든 종모우들의 낭우중 1산차 유우들로부터 계산된 평균 유전적능력(평균PD)로서 정의 하였다. PD가 0인 종모우들이 기초군에 해당하는 평균 종모우들과 유전적인 능력이 같다는 뜻이다. 그렇지 않은 종모우들은 기초군에 해당하는 종모우들의 낭우들 보다 더 우수하거나 더 불량한 능력을 기록하게 될 것이다.

요약하면 자손의 유전적 우수성을 나타내는 공식인 $PM = D - MCA + SMC$ 에서 D는 낭우들의 평균능력, MCA는 해당축군의 사양 및 관리에 대한 보정치이고 SMC는 동거우와 genetic base간의 유전적인 차이를 보정한다.

2) PD에 근거한 모우의 선정

낙농가의 수익은 가장높은 PD값을 갖는 종모우를 사용할 경우 가장 좋을 것이다. PD란 가장 훌륭하면서 가장 중요한 종모우 선발 요인이 된다.

표3. 유량능력예상차(PD)의 정확도

낭우수 (축군당(부))	반복력 (%)	68% 신뢰구간 (파운드)	95% 신뢰구간 (파운드)
4	20	±575	±1,150
8	30	±540	±1,080
12	40	±500	±1,000
25	60	±400	±800
65	80	±300	±600
150	90	±200	±400
700	98	±100	±200

일단 PD값이 높은 종모우를 선정하고 나서 반복력을 참고하여 해당 종모우를 얼마나 많이 사용할 것인지를 결정하게 된다. 반복력이 높으면 많이 사용해도 좋으나 반복력이 낮으면 일단은 많이 사용하는 것을 피해야 한다.

모든 PD값은 임의 표본추출 변이가 있는 것으로 간주하게 되므로, 각 종모우는 좋은 낭우를 생산하기도하고 나쁜 낭우도 생산하게 되므로 일련의 낭우능력에 따른 분포를 갖게 된다. 따라서 PD는 전체 낭우들의 평균적인 전체 평균능력에 대한 추정치이다.

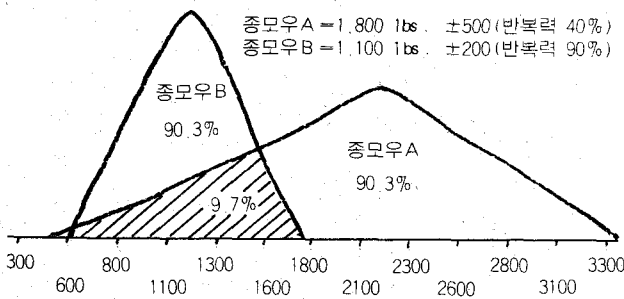
만약 그 표본의 크기가 적으면 대다수의 장래 낭우들의 능력을 대표할 수 없게 된다. 낭우수가 적은 표본에서 계산된 종모우의 PD추정치라도 종모우를 선정하는데 중요한 정보가 되며 또한 신뢰구간을 활용하여 이러한 PD추정치를 적절히 해석 할 수가 있게 된다.

PD란 이 종모우를 사용하므로서 나타날 생산능력 개량에 대한 최적추정치(Best Estimate)이다. 또한 신뢰구간은 해당 종모우의 실제 육종가가 그 범위내에 있을 것으로 일정한 정도의 확신을 갖을 수 있는 여지를 의미한다. 신뢰구간의 폭은 반복력에 의해 직접 계산할 수 있는 일종의 함수로서 반복력이 높으면 신뢰구간은 좁아지며 따라서 평가의 정확도가 높아진다.

다음의 예는 유량에 대한 능력예상차(PDM)과 반복력을 이용하여 종모우를 선발하는 요령을 나타낸다.

A종모우의 PDM이 +1,800파운드이고 반복력이 40%라고 가정하고, B종모우의 PDM이 1,100파운드이고 반복력이 90%라고 가정할 때

그림 5. A, B 종모우의 낭우들의 능력 분포



“최근들어 낙농가들이 PD에 더 많은 중점을 두고 종모우를 선택하는 경향이 있다. 이 PD란 낙농가가 해당 종모우의 낭우를 통하여 매산차마다 얻을 수 있는 잉여 수익을 추정 한 값이다.”

이들 종모우들 중 어떤 종모우의 유전적 가치가 높을 것인가?

우리는 당장 A종모우를 선택할 것이다. PD 추정방법은 훌륭하며, 많은 표본을 가지고 있으며, 어떤 종모우 집단에 대한 형질의 가치를 추정하거나 예측하는데 있어 평균에러는 0이기 때문에 편기 되지 않았다. 다시 말해서 추정치가 높은 종모우가 있는 반면 추정치가 낮은 종모우가 있기 마련이다.

그러므로 개개의 종모우들에 대한 형질의 가치에 대한 추정치에서의 대부분의 에러는 얼마 되지 않았다. 비록 큰 에러가 있다고 하더라도 자주 있는 것은 아니다.

표3에서 보는바와 같이 40% 반복력은 68%의 신뢰구간에서 ±500파운드이다. 68%의 신뢰구간이란 평균으로부터 1 표준편차내에 있을 확율을 말하며 다시 말하면 A종모우가 1,000마리의 낭우를 가졌을때 유량에 대한 PD값이 +1,300파운드에서 +2,300파운드의 범위내에 있을 확율이 68%라는 뜻이다.

예를들어 만약 A종모우에 대한 추정치의 신뢰도를 높여서 95%신뢰구간을 사용한다면 95%신뢰구간이라는 것은 평균으로부터 2표준편차를 나타내며 이는 A종모우의 낭우가 1,000

두가 있다면 그 종모우의 PD값이 +800에서 +2,800사이일 확율이 95%라는 뜻이다. 그림5에서 보는바와 같이 A종모우의 PD가 +1,100 이상일 경우가 B종모우보다 훨씬 많다는 것을 알 수 있으나 반면에 B종모우의 경우는 +1,800이상의 경우가 거의 없다. 수학적으로 따져서 B종모우가 1,800파운드이상의 PD값을 가질려면 4,300에 한번정도에 해당한다. 그림5에서 빗금친 부분은 두마리의 종모우A,B간의 순위가 바뀔수도 있는 경우로서 9.7%정도이다. 그러나 종모우A가 종모우B보다 더 좋을 확률이 90% 이상임을 알수있다.

최근들어 낙농가들이 PD에 더 많은 중점을 두고 종모우를 선택하는 경향이있다. 이 PD란 낙농가가 해당 종모우의 낭우를 통하여 매산차마다 얻을 얻을 수 있는 잉여 수익을 추정 한 값이다. 만약 종모우들의 반복력이 낮다면 매우 높은 순위의 종모우를 선택하는것이 안전할 것이다.

반복력을 떠나서 PD란 해당 종모우의 실제 육종가를 평가할 수 있는 매우 유용한 추정치임에 틀림없을 것이다. 따라서 PD와 반복력을 동시에 고려하여 종모우를 선택하는 것이 가장 바람직할 것이다.