

УДК 636.081.1

Рейн ТЕЙНБЕРГ

НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПО ПОТОМСТВУ

При существующих ныне в мире условиях разведения молочного скота (крупномасштабная селекция, применение искусственного осеменения с глубокозамороженной спермой относительно малого количества быков) самый существенный вклад в генетический прогресс популяции ожидается от точности оценки племенной ценности быков-производителей и от повышения интенсивности их селекции. Исследования Я. Ренделя и А. Робертсона (Rendel, Robertson, 1950) показали, что при искусственном осеменении от селекции отцов быков зависит 43% генетического прогресса популяции молочного скота, от селекции отцов коров — 18%, от селекции матерей быков — 33% и от селекции матерей коров — только 6%. Следовательно, 61% от общего генетического сдвига популяции по удою зависит от правильной селекции быков (отцов будущих быков и коров). Опубликованы еще более высокие цифры: 77% (Skjervold, Langholz, 1964) и 80% (Simon, 1970). Если учесть, что эффект селекции матерей будущих быков также осуществляется через быков, суммарный вклад от селекции быков-производителей в популяцию молочного скота достигает 90—95%. Это объясняет повышенное внимание на объективную оценку племенной ценности и точную селекцию быков-производителей в молочном скотоводстве, а также составление более точных методов оценки. Положения не меняет даже использование метода трансплантации эмбрионов — ожидаемого эффекта можно достигнуть лишь при помощи высокопродуктивных доноров зигот — матерей будущих быков-производителей. Наши теоретические расчеты показали (Тейнберг, Каск, 1985), что только при резком повышении интенсивности селекции среди коров-доноров (уменьшение доли отселектированных матерей будущего поколения от 90% до 10%, матерей быков от 6% до 1%, получение от одного донора в среднем 10 телят за год) можно ожидать сдвиг суммарного генетического уровня на 30%. К сожалению, такое повышение интенсивности отбора среди матерей пока невозможно, в лучшем случае мы можем ожидать генетического сдвига в пределах 10%. Повышение же интенсивности селекции быков может более существенно повысить эффективность селекции в целом.

Следует иметь в виду, что племенную ценность производителя наиболее точно можно оценить только через оценку его потомства. Точная оценка по предкам, боковым родственникам или по собственному фенотипу быка невозможна. Получить предварительные, приблизительные данные можно лишь в случае, когда имеется оценка отца быка по потомству. Приведем некоторые теоретические расчеты.

Точность оценки истинной племенной (генетической) ценности выражает корреляция между истинной племенной ценностью и данными фенотипического признака у самого животного или у его родственников (Le Roy, 1960; Pirchner, 1979)

$$r_{IA} = \sqrt{\frac{r_G^2 \cdot n \cdot h^2}{1 + (n-1)R}}, \quad (1)$$

где r_G — коэффициент генетического родства между оцениваемым животным и измеряемым фенотипическим признаком животного; n — количество зарегистрированных данных; h^2 — коэффициент наследуемости признака; R — коэффициент повторяемости признака при наличии данных нескольких периодов продуктивности.

Если племенная ценность животного оценивается по его продуктивности за один период лактации $r_{IA} = \sqrt{h^2}$, то при наличии n периодов

$$r_{IA} = \sqrt{\frac{nh^2}{1 + (n-1)R}},$$

причем $r_G = 1$.

Так, точность оценки племенной ценности коровы по количеству молочного жира за одну лактацию $r_{IA} = h = \sqrt{h^2} = \sqrt{0,25} = 0,5$, если $h^2 = 0,25$, $R = 0$, а за три лактации

$$r_{IA} = \sqrt{\frac{3 \cdot 0,25}{1 + (3-1)0,4}} = 0,645,$$

если $R = 0,4$.

Для выведения селекционной ценности быка используется оценка молочной продуктивности его предков, боковых родственников и потомства (дочерей-полусестер). При оценке n дочерей быка, формула (1) принимает вид (так как генетическое родство между полусибсами по отцу $r_G = 0,25$):

$$r_{IA} = \sqrt{\frac{0,25nh^2}{1 + (n-1)r_{HS}}} = \sqrt{\frac{n}{n+a}}, \quad (2)$$

где фенотипическая корреляция между дочерьми одного быка (r_{HS}) при одинаковых условиях среды равняется.

$$r_{HS} = r_G \cdot h^2 = 0,25 \cdot 0,25 = 0,0625,$$

а величина $a = \frac{4-h^2}{h^2} = 15$ (при $h^2 = 0,25$).

При наличии 10 потомков точность оценки генотипа быка равняется

$$r_{IA} = \sqrt{\frac{0,25 \cdot 10 \cdot 0,25}{1 + (10-1)0,0625}} = 0,632 \quad (\text{или } 63,2\%),$$

при наличии 100 дочерей точность оценки повышается до 0,933 (93,3%).

Аналогичные вычисления показывают, что при 50 потомках точность оценки генетической ценности быка по количеству молочного жира равняется 0,877, при 70 дочерях — 0,907 и при 80 потомках — 0,918. Для объективной оценки быка по количеству молочного жира за лактацию достаточно данных 70—80 дочерей.

Если при оценке племенной ценности быка по 100 дочерям мы имеем и данные трех лактаций матери, трех лактаций матери матери, 100 дочерей отца матери и 100 дочерей отца, точность оценки повышается незначительно — только на 0,01 ($r_{IA}=0,94$) по сравнению с оценкой только 100 дочерей.

Теоретические расчеты показывают, что точную оценку общей племенной ценности быка можно дать по удою или по количеству молочного жира или белка ($h^2 \approx 0,25$) его дочерей, число которых должно быть не менее 70—100. При более высокой наследуемости признака (например, $h^2 \approx 0,5$) число дочерей может быть уменьшено до 50 (точность оценки $r_{IA}=0,937$), а при высокой степени наследуемости признака достаточно данных 30 дочерей ($r_{IA}=0,93—0,95$ при $h^2 \approx 0,7—0,8$).

По данным предков, точность оценки быка является недостаточной. Например, при наличии данных 100 дочерей отца, 100 дочерей отца матери, трех лактаций у матери и трех лактаций у матери матери, точность оценки достигает только 0,59.

На практике, однако, нельзя неограниченно повышать число проверяемых дочерей быков, а также число проверяемых быков, так как размер реальной популяции (число животных) является ограниченной величиной. Следует учесть, что максимальный генетический прогресс в популяции достигается точной оценкой быков, с одной стороны, и оптимальной интенсивностью селекции среди проверяемых быков, с другой. Если количество коров, осеменяемых спермой молодых быков стабильно, увеличение количества дочерей приведет к уменьшению числа проверяемых быков. Следовательно, с увеличением точности оценки племенной ценности (r_{IA}) одновременно снижается интенсивность селекции среди проверяемых быков (i), что в свою очередь снижает ожидаемый генетический прогресс в популяции. И наоборот, уменьшение числа дочерей проверяемых быков (n) хотя повышает интенсивность селекции среди быков, но снижает точность оценки их племенной ценности, что в свою очередь ведет к снижению генетического прогресса в популяции. Поэтому здесь следует вычислять оптимальное число 1) проверяемых быков, 2) потомков у быка, 3) коров, осеменяемых спермой молодых быков. Итак, генетический прогресс зависит как от коэффициента наследуемости признака (h^2), так и от величины банка спермы на проверенного быка.

Для установления оптимальной величины группы дочерей А. Робертсон (Robertson, 1957) рекомендует использовать т.н. соотношение проверки (англ. testing ratio), которое учитывает точность оценки быка по числу дочерей и интенсивность селекции по доле отселектированных быков.

Сейчас в эстонской черно-пестрой породе насчитывается 115 000 коров. Рекомендуемая доля коров, осеменяемых молодыми быками (N) составляет 30—60% (Skjervold, Langholz, 1964; Lindhe, 1968; Кузнецов, 1979, 1984; Басовский, 1983). Мы использовали 35%, т.е. около 40 000 коров. Для осеменения популяции планируется 25 лучших проверенных быков (S).

Соотношение проверки ($K=N/S$) в таком случае составляет

$$K = \frac{40000}{25} = 1600.$$

Доля отобранных для осеменения быков из проверенных (p) при $n \approx 100$ дочерей равняется

$$p = \frac{S}{N/n} = \frac{25}{40000/100} = 0,0625 \text{ или } 6,25\%.$$

Оптимальным количеством эффективных дочерей (ω) (Robertson, 1957) следует считать

$$\omega = K \cdot p = 1600 \cdot 0,0625 = 96,$$

которое вычисляется по формуле

$$\omega = \frac{n_d \cdot n_c}{n_d + n_c},$$

где n_d — число дочерей быка; n_c — число сверстниц. В нашем примере это соответствует в среднем 1000—3000 сверстницам (при наличии 100 дочерей у быка).

Оценка племенной ценности быков-производителей проводится не по одному признаку. Число селекционных признаков достигает десяти и больше. Разные модели селекционных индексов (СИ) (Басовский, 1983; Басовский, Прохоренко, 1984; Попов и др., 1984; Тейнберг, 1971, 1974; Тейнберг, Каск, 1980) помогают свести под один показатель (индекс) и дать комплексную оценку многим разным признакам животного. При использовании СИ суммарный генетический прогресс повышается в среднем в 1,5—2 раза (Завертяев, Волгин, 1984). Вопросы применения СИ нами рассмотрены раньше (Тейнберг, 1971, 1974, 1983), поэтому здесь мы не будем останавливаться на теоретических основах их вычисления. СИ использован нами для определения общей (суммарной) генетико-экономической ценности быков-производителей по средним данным их дочерей.

Материал и методика

Начиная с 1981 г. на станциях искусственного осеменения ЭССР нами проводится оценка по ценности дочерей быков-производителей эстонской черно-пестрой породы. При оценке применяется составленная нами единая система программ ЭВМ, в которую входят 7 основных и 35 подпрограмм (Teinberg, 1983). В качестве исходных данных используется молочная продуктивность коров племенных хозяйств I, II и III классов, записанная на магнитные ленты ЭВМ (ВЦ АПК ЭССР в Тарту и Саку). Ниже приводятся результаты оценки за 1983—1984 гг. Всего в 1983 г. оценили 85 быков и 7920 их дочерей, а в 1984 г. — 98 быков и 11 833 дочерей. Быки оценивались по методу сравнения их дочерей (минимальное число 10) со сверстницами внутри стада, а также по среднему СИ их дочерей. При оценке племенной ценности учитывали следующие селекционные признаки: удой за 305 дней лактации (1), содержание жира в молоке (2), количество молочного жира (3), содержание белка (4), количество белка (5), живую массу (6), скорость молокоотдачи (7).

Достоверность разницы между средними показателями дочерей быка и их сверстницами проверялась t -критерием

$$t = \frac{\bar{P}_d - \bar{P}_c}{s_0} \sqrt{\frac{n_d \cdot n_c}{n_d + n_c}},$$

где \bar{P}_d — средняя по дочерям; \bar{P}_c — средняя по сверстницам, а s_0 — средняя ошибка разности

$$s_0 = \sqrt{\frac{SS_d + SS_c}{n_d + n_c - 2}}.$$

Для оценки предсказанной разности, показывающей, на какую вели-

чину продуктивность будущих дочерей производителя будет выше или ниже средней продуктивности стада, разница по удою, количеству молочного жира и белка была умножена на коэффициент регрессии b_i (Кузнецов, 1982; Басовский, 1983)

$$b_i = \frac{\omega}{\omega + a},$$

где ω — эффективное число дочерей.

Использованные СИ по семи признакам были следующие (Тейнберг, 1985):

$$\text{СИ} = 0,0018d_1 + 328,052d_2 + 0,965d_3 + 38,452d_4 + 4,655d_5 + \\ + 0,989d_6 + 70,825d_7$$

для хозяйств, где проводился контроль содержания белка молока (d_1 — d_7 — отклонения признаков у дочерей быка от среднего по сверстницам внутри стада), и

$$\text{СИ} = 0,074d_1 + 204,930d_2 + 2,553d_3 + 0,880d_6 + 55,671d_7$$

для хозяйств, где контроль отсутствовал.

Результаты исследования

При оценке племенной ценности быков-производителей эстонской чернопестрой породы учитывали только тех быков, у которых число эффективных дочерей было не менее 60 (как минимум, в четырех хозяйствах), разница в их удою по сравнению со сверстницами статистически достоверна ($P \leq 0,05$) и средний СИ свыше 50 баллов (таблица). За 1983—1984 гг. быками-лидерами оказались Марлон ЭСНФ 3402 и Грандбой ЭСНФ 3299. По среднему СИ они значительно опережают остальных быков. В 1984 г. высокие показатели СИ (свыше 100) были еще у Габриэля ЭСНФ 3460, Грегора ЭСНФ 3461 и Геро ЭСНФ 3626.

Анализируя данные таблицы, можно видеть, что ранг быка не совпадает с рангом его дочерей ни по их среднему удою по сравнению со сверстницами, ни по количеству молочного жира и белка за лактацию. Это происходит потому, что уровень содержания жира в молоке, как сильно наследуемый признак ($h^2 \approx 0,7$), оказывает особое влияние на СИ дочерей, как и повышение количества молочного жира.

По сравнению со сверстницами наибольшее повышение удою было у дочерей Габриэля, Грандбоя, Марлона и Грома, наивысшее количество молочного жира и белка — у дочерей Грандбоя, Марлона и Габриэля, самый высокий уровень количества молочного белка у дочерей Грома. Живую массу дочерей повысили Гренадер, Геро и Гром. Скорость молокоотдачи выше у дочерей Грандбоя, Грегора, Гренадера и Хассо.

От всего количества оцененных производителей названным* выше требованиям удовлетворяло в 1983 г. около 6% и в 1984 г. 12%. Следовательно, быков-лидеров в популяции бывает около 10%. Для достижения максимального генетического прогресса в популяции следует проверить по потомству как можно больше молодых быков.

Выводы

1. Точная оценка генетической ценности оптимального числа быков-производителей для станций искусственного осеменения является ключевым вопросом при повышении эффективности селекции молочного скота.

Оценка генетической ценности лучших быков-производителей эстонской черно-пестрой породы по данным их дочерей

Кличка и номер быка по ГПК	Номер лактации и число хоз-в	Число дочерей и сверстниц	Разница между дочерями и сверстницами						Средний СИ дочерей	
			Удой, кг	Молочный жир, кг	Содержание жира, %	Молочный белок, кг	Содержание белка, %	Живая масса, кг		Скорость молокоотдачи, кг/мин
Марлон 3402	1-3 9	647 3128	487	24,5	0,10	23,5	0,08	7,6	0,04	179,552
Грандбой 3299	1-3 24	875 6874	685	25,6	-0,03	16,2	-0,07	1,7	0,12	115,475
Фрико 3343	1-3 13	140 3766	371	12,7	-0,05	12,5	-0,03	8,1	0,03	72,009
Фравар 3339	3 4	108 616	400	16,9	0,02	11,6	-0,02	-24,1	0,09	67,376
Гром 3519	1 4	83 715	483	10,6	-0,19	17,4	0,04	17,8	0,03	58,857
				1984 год						
Марлон 3402	1-3 9	530 2810	555	26,6	0,09	22,9	0,03	1,5	±0	172,114
Грандбой 3299	1-3 25	794 6976	748	29,8	-0,01	19,2	-0,07	3,5	0,05	138,011
Габриэль 3460	1-3 9	266 2919	909	23,8	-0,20	26,4	-0,05	6,6	-0,08	110,727
Грегор 3461	1-3 8	370 3189	411	16,3	0,02	—	—	12,5	0,22	102,709
Геро 3626	1 4	67 1033	384	16,3	0,04	11,6	-0,02	19,7	-0,12	101,515
Гренадер 3393	1-3 9	426 3285	388	8,8	-0,14	16,0	-0,06	25,0	0,11	78,852
Гром 3519	1-3 10	210 2593	489	13,9	-0,11	17,6	-0,04	2,8	0,02	73,780
Фенол 3675	1 5	63 1127	417	18,0	0,04	12,0	-0,03	-24,7	-0,07	65,626
Фрико 3343	1-3 13	138 4050	293	8,6	-0,04	11,0	-0,02	4,0	0,07	61,339
Брам 3526	1-3 8	379 2176	152	6,5	0,01	5,1	0,08	17,3	0,10	57,148
Хассо 3522	1-3 7	174 2707	212	9,2	0,01	4,3	-0,02	9,5	0,11	53,948
Онааль 3333	1-3	212	288	14,7	0,06	—	—	-9,1	-0,17	51,089

2. Для достижения максимального генетического прогресса в популяции молочного скота следует оценивать по потомству в 6—10 раз больше молодых быков, чем их необходимо иметь для осеменения. Количество дочерей у оцениваемого быка должно быть не менее 70—80, желательно 100, число эффективных дочерей 90—100.

3. При оценке суммарной племенной ценности быков-производителей по нескольким селекционным признакам целесообразно пользоваться линейными СИ, которые учитывают коэффициент наследуемости признаков, их генетические и фенотипические корреляции, фенотипическое варьирование и относительную экономическую ценность.

4. Быками-лидерами в эстонской черно-пестрой породе за 1983—1984 гг. по результатам оценки их потомства являются Марлон ЭСНФ 3402, Грандбой ЭСНФ 3299, Габриэль ЭСНФ 3460, Грегор ЭСНФ 3461 и Геро ЭСНФ 3626.

ЛИТЕРАТУРА

- Басовский Н. З. Популяционная генетика в селекции молочного скота. М., 1983.
- Басовский Н. З., Прохоренко П. Н. Повышение эффективности крупномасштабной селекции молочного скота за счет использования достижений популяционной генетики. — В кн.: Популяционно-генетические основы селекции молочного скота. 4. Л., 1984, 4—15.
- Завертяев Б. П., Волгин В. И. Справочник зоотехника-селекционера по молочному скотоводству. М., 1984.
- Кузнецов В. М. Методические основы разработки и оптимизации программ селекции в молочном скотоводстве. — Дис. канд. с.-х. н. Л., 1979.
- Кузнецов В. М. Оценка быков по качеству потомства (методические рекомендации). Л., 1982.
- Кузнецов В. М. Методические основы оценки племенной ценности производителей при крупномасштабной селекции молочного скота. — В кн.: Популяционно-генетические основы селекции молочного скота. Л., 1984, 31—40.
- Попов В. П., Шкирандо Ю. П., Тымчук В. В. Эффективность оценки племенной ценности животных при использовании селекционных индексов. — В кн.: Популяционно-генетические основы селекции молочного скота. Л., 1984, 15—25.
- Тейнберг Р. Р. О возможностях применения селекционных индексов при селекции молочного скота. — Генетика, 1971, 7, № 5, 61—68.
- Тейнберг Р. Р. Теоретические основы определения генетических параметров популяций и селекционных индексов и их использование при отборе молочного скота в Эстонской ССР. — Дис. докт. с.-х. н. Тарту, 1974.
- Тейнберг Р. Использование генетических параметров и селекционных индексов при крупномасштабной селекции молочного скота. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1983, 32, № 1, 40—48.
- Тейнберг Р. Новые селекционные индексы. — В кн.: Создание нового типа черно-пестрой эстонской породы. Таллин, 1985, 13—14.
- Тейнберг Р., Каск В. Селекционные индексы и их оптимизация на теоретических моделях. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1980, 29, № 4, 277—289.
- Тейнберг Р., Каск В. О возможном повышении эффективности селекции молочного скота при трансплантации эмбрионов. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1985, 34, № 4, 257—261.
- Le Roy, H. L. Statistische Methoden der Populationsgenetik. Basel — Stuttgart, 1960.
- Lindhe, B. Model simulation of AI-breeding within a dual purpose breed of cattle. — Acta Agric. Scand., 1968, 18, 33—41.
- Pirchner, F. Populationsgenetik in der Tierzucht. Hamburg — Berlin, 1979.
- Rendel, J., Robertson, A. Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a closed herd of dairy cattle. — J. Genet., 1950, 50, 1—8.
- Robertson, A. Optimum group size in progeny testing and family selection. — Biometrics, 1957, 13, 442—450.
- Simon, D. L. Erstellung und Einsatz einer simulierten Rinderpopulation als Instrument der Tierzüchtungslehre. — Z. Tierz. Züchtungsbiol., 1970, 87, 42—55.
- Skjervold, H., Langholz, H. J. Factors affecting the optimum structure of A. I. breeding in dairy cattle. — Z. Tierz. Züchtungsbiol., 1964, 80, 25—40.
- Teinberg, R. Veiste jõudlusandmete selektsioon — geneetilise analüüsi programmide kasutamise tulemusi ja perspektiive. — Loomakasvatuse arendamise edasisi ülesanded Eesti NSV-s toitlusprogrammi valguses. EPA tead. konv. teesid, Tartu, 1983, 3—4.

PULLIDE GENEETILISE VÄÄRTUSE HINDAMISE MÕNINGAD TEOREETILISED PÕHIMÕTTED JA PRAKTILISED TULEMUSED

Artiklis on toodud teoreetilised arvutused optimaalse järglaste arvu leidmiseks pullide aretusväärtuse hindamisel, samuti kontrollitavate noorpullide suhtelise osatähtsuse määramiseks, lähtudes populatsiooni maksimaalsest geneetilisest progressist. Leiti, et maksimaalse geneetilise nihke saavutamiseks piimatoodangus tuleb noorpulle hinnata 6—10 korda rohkem, kui neid hiljem kasutada planeeritakse, kusjuures tütarde arv pulli aretusväärtuse täpseks hindamiseks peab olema 70—80. Pulli üldise aretusväärtuse määramiseks mitme valikutunnuse põhjal on soovitatav kasutada selektsiooniindeksi meetodit, võrreldes pulle nende tütarde keskmise selektsiooniindeksi põhjal. Selgitati eesti mustakirju tõu viis liiderpulli 1983/84. aasta jõudluskontrolli andmetel.

Rein TEINBERG

SOME THEORETICAL PRINCIPLES AND PRACTICAL RESULTS OF THE ESTIMATION OF BULLS' BREEDING VALUE BY PROGENY TESTS

The results of theoretical calculations concerning the optimum number of progeny per bull, and also the optimum number of young bulls tested in dairy cattle population are presented, proceeding from the task to achieve the maximum genetic progress in a population. It was stated that for the maximum genetic gain in milk yield the number of tested young bulls must exceed 6—10 times the number of the tested bulls needed for insemination. Sufficient accuracy of estimating the bulls' breeding value can be attained with 70—80 daughters per bull. For the estimation of the breeding value of bulls, the method of selection indices is recommended, which includes several selection characters simultaneously. The mean selection index used was:

$$SI = 0.018d_1 + 328.052d_2 + 0.965d_3 - 38.452d_4 + 4.655d_5 + 0.989d_6 + 70.825d_7,$$

where d_1 — d_7 are the differences between the mean of bulls' daughters and their contemporaries (d_1 — 305-day lactation milk yield; d_2 — fat, per cent; d_3 — fat, kg; d_4 — protein, per cent; d_5 — protein, kg; d_6 — body mass, kg; d_7 — milking speed, kg/min).

As a result of the investigation, five top-bulls in 1983 and 12 best bulls in 1984 were estimated (Table). The relative milk yield was highest with the daughters of Holstein-Friesian bulls Grandboy 3299 (+748 kg), Gabriel 3460 (+909 kg), Marlon 3402 (+555 kg), Grom 3519 (+489 kg) and Gregor 3461 (+411 kg). The fat and protein percentage in the milk of these bulls' daughters was, as a rule, lower than that of their contemporaries. The selection index was highest in the daughters of the bulls Marlon 3402 (+171.1), Grandboy 3299 (+138.0), Gabriel 3460 (+110.7), Gregor 3461 (+102.7), and Gero 3626 (+101.5). Those were the five best bulls of the Estonian Black-and-White Breed in 1984, and they were recommended for being used as sires of the bulls in the next generation.