

УДК 636.22.082

ЕЛЕНА ЮРЬЕВНА МИШЕНЕВА

кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры зоотехнии, товароведения и экспертизы продовольственных товаров агротехнического факультета ПетрГУ
bolg@psu.karelia.ru

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АЙРШИРСКИХ БЫКОВ ПО РЕЗИСТЕНТНОСТИ К МАСТИТУ МЕТОДОМ НАИЛУЧШЕГО ЛИНЕЙНОГО НЕСМЕЩЕННОГО ПРОГНОЗА (BLUP)

Проведена оценка генотипа быков-производителей по резистентности дочерей к маститу методом наилучшего линейного несмещенного прогноза (BLUP). BLUP-прогноз позволил ранжировать быков по племенной ценности в отношении резистентности к маститу, повысить точность их отбора на 20–40 %.

Ключевые слова: устойчивость к маститу, оценка быков-производителей, племенная ценность, BLUP

Молочный скот практически всех пород России подвержен заболеванию маститом. Мастит – это воспаление вымени, чаще имеет инфекционную природу. Заболеваемость коров маститом варьирует по стадам от 12 до 80 % [1]. Экономические потери от одного случая мастита в стаде эквивалентны стоимости 400–470 кг молока [2]. На проявление мастита у коров оказывают влияние как факторы внешней среды (зоогигиенические условия, квалификация обслуживающего персонала), так и наследственность, поэтому необходимо использовать селекционно-генетические мероприятия в комплексе мер по борьбе с маститом.

Одним из важнейших элементов в этом комплексе должно стать определение племенной ценности животных, в частности быков-производителей, по резистентности дочерей к маститу. В современных условиях результативность селекции молочного скота в основном обусловлена точностью оценки, правильным выбором и эффективным использованием наиболее ценных быков-производителей, так как от одного оцененного по генотипу быка получают тысячи потомков. В странах с развитым компьютерным

программным обеспечением скотоводства (США, Канада, Англия, Франция, Италия, скандинавские страны и другие) для более точной математической оценки генотипа животных используются линейные статистические модели [3]. Наибольшее распространение для оценки племенной ценности получил метод наилучшего линейного несмещенного прогноза – The Best Linear Unbiased Prediction (BLUP), позволяющий нивелировать влияние факторов среды на показатели животных и привлекать информацию по родственникам. Эта работа проводится централизованно в масштабах страны на общенациональных базах данных по каждой породе скота.

Скорейшее внедрение аналогичных современных математически обоснованных методов генетической оценки скота актуально для российского скотоводства. Но наша наука и практика сталкиваются с рядом трудностей. Первое – проблематичность создания и ведения электронных баз данных по животным. Результаты зоотехнического и ветеринарного учета не всегда фиксируются в электронном виде, могут быть недоступны для научной статистической обра-

ботки или содержат неполные данные (например, отсутствуют сведения о заболеваемости животных). Второе – отсутствие доступного программного обеспечения для сложной (с точки зрения зоотехника-селекционера) математической обработки массивов данных. Таким образом, важность и слабая изученность генетических методов борьбы с маститом у крупного рогатого скота предопределили направление наших исследований.

Методика. Задача нашей работы состояла в оценке генотипа быков айрширской породы по резистентности дочерей к маститу. В работе использованы результаты 15-летнего непрерывного мониторинга за стадом айрширских коров АО «Агрокомплекс им. Зайцева» (Республика Карелия) с 1984 по 1998 год. Сотрудники кафедры зоотехнии ПетрГУ каждую корову тестировали на мастит 5–7 раз за лактацию.

Для диагностики мастита использованы проба на димастин и проба отстаивания, а также впервые разработанный метод трансформации результатов качественного теста на мастит в балльную оценку. При традиционной диагностике мастита на основе димастиновой пробы корова признается здоровой или больной. Подобная качественная идентификация мастита ограничивает использование современных методик генетической оценки животных: не дает возможности установить индивидуальную изменчивость по степени поражаемости маститом, не позволяет среди быков с одинаковой долей больных дочерей в потомстве отобрать тех производителей, дочери которых легче переносят болезнь. Решение этих задач становится возможным благодаря преобразованию результатов качественной диагностики мастита у коров в баллы. Балльная оценка позволяет рассматривать резистентность к маститу как количественный признак, который передается от родителей к потомкам по полигенному типу наследования устойчивости – восприимчивости к данной болезни. В основе метода лежит преобразование рангов по качественным тестам на основе свертывания логарифмов со сдвигом по шкале, разработанной по методике Е. П. Кармановой с соавт. [4]. В данной работе использован вариант шкалы, разработанный на основе $L_{mx}+3,4$. По данной методике здоровые животные имеют 3 балла, с подозрением на мастит – от 3,17 до 6,00 балла, больные – от 6,11 до 26,00 балла.

По результатам обследований была создана электронная база данных, включившая информацию о продуктивности и заболеваемости коров маститом по 13 000 лактаций. Статистически обработаны результаты балльной оценки мастита у коров за первые три лактации. Средний балл за лактацию рассчитан как среднее за все от отела до запуска обследования коровы. О показателях молочной продуктивности и интенсивности молокоотдачи коров судили по данным за 305 дней первой лактации.

Для определения племенной ценности быков по балльной оценке дочерей за мастит использовали метод наилучшего линейного несмещенного прогноза – BLUP [5]. Для прогноза племенной ценности быков по баллу за мастит у дочерей применена биометрическая модель следующей структуры: $B = \mu + G + M + w + sp + yd + v^* + SI + e$, где B – скорректированный средний балл коровы за мастит за лактацию (или за сумму лактаций); μ – средняя популяционная; G и M – эффекты года и месяца отела (классификационные); W , SP , YD , V^* , – соответственно эффекты живой массы, продолжительности сервис-периода, удоя за 305 дней лактации, интенсивности молокоотдачи (*включен только в модель для 1-й лактации), учтены как линейные регрессоры; e – случайный эффект неучтенных факторов; SI – аддитивный генетический эффект отца, случайный. Племенная ценность быка рассчитана как $BV = 2 * SI$.

Об эффективности статистических моделей судили по коэффициенту детерминации (R^2 , %), который показывает долю общей изменчивости изучаемого признака, обусловленную факторами, включенными в модель. Достоверность оценок племенной ценности быков (REL , %) рассчитана по формуле: $REL = w / (w + k)$, где $k = (4 - h^2) / h^2$, $w = n * m / (n + m)$, где w – число эффективных лактаций дочерей, n – число лактаций дочерей у быка, m – число лактаций сверстниц дочерей, h^2 – коэффициенты наследуемости признаков, рассчитанные для исследуемого стада [6].

О фенотипических связях между признаками судили по коэффициенту корреляции между средними значениями признаков в группах отцовских полусестер, о генетических – между BV-оценками быков по признакам.

Результаты и обсуждение. Удой по первотелкам изменялся в зависимости от года обследования от 3005 до 3690 кг, содержание жира – от 3,72 до 4,11 %, продукция молочного жира – от 119 до 142 кг, интенсивность молокоотдачи – от 1,11 до 1,54 кг/мин. Средний по стаду балл за мастит увеличивается на протяжении первых трех лактаций от 3,59 до 4,44, что указывает на повышение частоты заболеваемости и поражаемости маститом с возрастом. Изменчивость балла за мастит достаточно высока и также увеличивается с возрастом коров (Cv от 48,74 до 58,56 %).

BV – оценка племенной ценности быка, рассчитанная методом BLUP, показывает, на какую величину генотип данного производителя лучше или хуже средней генетической ценности всех оцененных быков. Результаты оценки некоторых быков по баллу за мастит у дочерей представлены в таблице 1.

Для селекции на устойчивость к маститу при балльной оценке более ценными являются генотипы быков с отрицательными значениями племенной ценности. Большая в отрицательную сторону величина BV-оценки быка означает повышенную концентрацию генов резистентности

Таблица 1

Племенная ценность быков, лучших и худших по баллу за мастит у дочерей-первотелок, балл

Кличка и № быка	1-я лактация			2-я лактация			3-я лактация			с 1 по 3-ю лактации		
	n	BV	\bar{X}	n	BV	\bar{X}	n	BV	\bar{X}	n	BV	\bar{X}
Лучшие быки:												
Юппя 903/370	22	-0,52	3,03	19	-0,50	3,68	6	+0,30	7,09	47	-0,41	3,81
Сумрак 259	20	-0,46	3,11	49	-0,52	3,53	47	-0,04	3,74	116	-0,31	3,54
Полус 2499/1161	151	-0,38	3,44	162	+0,21	4,09	111	+0,24	4,77	424	+0,01	4,01
Худшие быки:												
Хурма 222/156	18	+0,22	3,51	22	+0,65	4,52	25	-0,22	3,97	65	+0,20	4,03
Юнга 297/2	65	+0,23	3,89	85	+0,20	4,25	82	+0,35	4,16	232	+0,26	4,11
Вергги 901/81	34	+0,38	3,98	38	+0,17	4,39	12	+0,34	6,67	84	+0,28	4,55

n – количество дочерей, BV – оценка племенной ценности быка,
 \bar{X} – средний балл за мастит в группах отцовских полусестер.

к маститу, половина из которой должна наследоваться дочерьми быка, четверть – внуками и так далее. Так, если бык Сумрак 259 по первой лактации дочерей имеет племенную ценность, равную -0,46 балла за мастит, то это означает, что средний балл у его дочерей-первотелок будет на 0,23 балла ниже средней по популяции или, другими словами, маститоустойчивость его дочерей-первотелок будет на 0,23 балла выше.

Как показали проведенные исследования, генетический потенциал быков, лучших и худших по устойчивости дочерей всех трех возрастов к маститу, различается более чем в два раза. Так, по первой лактации BV-оценки варьируют от -0,52 у лучшего быка Юппя 903/370 до +0,38 балла у худшего Вергги 901/81. Во вторую лактацию наиболее устойчивы к маститу оказались дочери Овода 1263 (BV=-0,72 балла), а более подвержены – Акробата 497/59 (BV=+0,98 балла), в третью – соответственно Марса 955/142 (BV=-0,87) и Инто 101/205 (BV=+0,72 балла). По сумме первой и второй лактаций племенная ценность варьировала по быкам от -0,56 до +0,14, по сумме трех лактаций – от -0,54 до +0,67 балла.

У некоторых быков племенная ценность по балльной оценке за мастит оставалась стабильной при оценке их по дочерям разного возраста. Так, племенная ценность одного из лучших быков Сумрака 259 за первую лактацию дочерей равна BV=-0,46, за вторую – BV=-0,52, за третью – BV=-0,04 балла. У худшего быка Юнга 297/2 племенная ценность, рассчитанная по дочерям этого же возраста, составила +0,23, +0,20 и +0,35 балла соответственно.

Для повышения объективности анализа отобрали быков, оцененных по баллу за мастит по 15 дочерям и более, и проанализировали стабильность BV-оценок. Оказалось, что из 18 айрширских быков, удовлетворяющих этим требованиям, шесть быков (33 %) имеют генотип лучше средней генетической ценности всех

быков по баллу за мастит на протяжении всех учтенных лактаций дочерей и три быка (17 %) – хуже. По остальным девяти быкам (50 %) знак BV-оценки не отличался стабильностью по отдельным лактациям и суммам лактаций. Подобное непостоянство оценок племенной ценности отцов говорит о том, что для точной окончательной оценки быков по резистентности дочерей к маститу необходимо привлекать данные по дочерям, окончившим, как минимум, две лактации.

Как показали коэффициенты корреляции между баллом за мастит в разные лактации (табл. 2), в целом для исследуемого айрширского стада оценка и отбор быков по маститным тестам дочерей за первую лактацию может быть эффективен. Вероятность правильной оценки животных по первой лактации выше средней, что подтверждается коэффициентами фенотипической и генетической корреляции с тремя первыми лактациями: $r = 0,68$ в обоих случаях ($P < 0,001$). Таким образом, дочери быков, лучших по BV-оценкам за первую лактацию, оказались более устойчивы к маститу и в целом за три лактации.

Как фенотипически, так генетически очень тесно коррелируют между собой BV-оценки быков по дочерям за первые две лактации и вторую: $r = 0,94$ и $r = 0,93$ ($P < 0,001$). Все эти факты указывают на возможность предварительной оценки и отбора быков по устойчивости к маститу при достаточном количестве потомков уже по первой лактации дочерей. Данный вариант оценки быков по устойчивости к маститу можно практиковать для отбора производителей, закрепляемых за товарными стадами. Привлечение данных по дочерям, окончившим вторую лактацию, повышает повторяемость племенной ценности быков. Коэффициенты фенотипической и генетической корреляции между первыми двумя и всеми тремя лактациями составили соответственно: $r = 0,85$ и $r = 0,83$ ($P < 0,001$). Подобный вариант оценки быков по

устойчивости к маститу более длителен и требует больше затрат, но он повышает точность оценки быков и вероятность отбора лучших генотипов, и его следует учитывать при планировании ценных заказных спариваний, анализе родословных.

Необходимо отметить более низкую повторяемость оценок племенной ценности быков по баллу за мастит между отдельными исследуемыми лактациями по сравнению с суммами лактаций. Фенотипически достоверно коррелируют между собой только первая лактация со второй и первая с третьей: $r = 0,36$ в обоих вариантах ($P < 0,05$). Генетически же оказались взаимосвязаны только первая и вторая лактации: $r = 0,41$ ($P < 0,05$).

Результаты наших исследований возрастной повторяемости устойчивости к маститу у коров согласуются с выводами скандинавских исследователей, полученными при анализе общенациональных массивов данных [7]. Исходя из неполной повторяемости признаков, характеризующих здоровье вымени, авторы предположили, что устойчивость к маститу в разные лактации контролируется разными группами генов. Возможно, эта гипотеза частично объясняет неполную повторяемость оценок племенной ценности быков у дочерей разного возраста.

Коэффициенты детерминации (R^2) статистических моделей для прогноза племенной ценности быков были небольшими. Так, в модели для первой лактации организовано было только 7,26 % факторов, для второй – 4,77 % и для третьей – 6,87 %. Таким образом, на долю неорганизованных факторов пришлось более 90 % дисперсии балла за мастит. Проблематичность разложения дисперсии показателей резистентности к маститу уже обсуждалась в литературе. Так, H. Lagtoque et al. (1999) проанализировали девять статистических моделей, описывающих изменчивость балльной оценки соматических клеток молока посредством признаков конституции, строения вымени, скорости молокоотдачи, темперамента животных. Во всех вариантах коэффициенты детерминации моделей не превышали 0,282 [8].

По материалам официального бюллетеня международной организации INTERBULL

National genetic evaluation programmes for dairy production traits practiced in Interbull member countries 1999 – 2000 (2000) требования к повторяемости BV-оценки быка (REL) для публикации результатов испытания по качеству потомства различны. Так, в Нидерландах, Израиле, Бельгии, Великобритании, Германии, Аргентине достаточно повторяемости оценки в 50 % [3]. Результаты нашего исследования показали, что максимально возможной надежности оценок племенной ценности быков по баллу за мастит следует ожидать при учете данных за сумму первых двух лактаций. В этой возрастной группе оценки 31,6 % быков имели повторяемость в пределах 50...65 %. У 26,3 % быков она превышала 65 %. Самыми надежными (REL более 90 %) оказались оценки быков Ламы 488/25 и Принца 4622/103. Следовательно, полученные факты еще раз подтверждают, что самый ранний прогноз аддитивной генетической ценности быков по маститу желателно давать по материалам первых двух лактаций дочерей.

Исследовали также прогностическую ценность метода BLUP. Так как в расчетах средних значений балла за мастит по группам отцовских полусестер и BV-оценок быков использованы одни и те же данные, то степень соответствия этих двух характеристик генотипа быков можно оценить величиной отклонения фактического коэффициента корреляции между ними от ожидаемого значения (то есть от 1). Коэффициенты корреляции между BV-оценками быков по баллу за мастит и средним баллом их дочерей составили: по первой лактации $r = 0,61$, по второй $r = 0,84$, по третьей $r = 0,64$, в среднем за первые три лактации $r = 0,80$ ($P < 0,001$ для всех). Метод BLUP на сегодняшний день считается наиболее точным для определения генетической ценности животных, поэтому неполная корреляция связана с тем, что средние значения балла за мастит с большей погрешностью характеризуют генотип животных. Таким образом, использование метода BLUP для селекции быков-производителей по резистентности к маститу может повысить эффективность отбора особей с лучшими генотипами (или, другими словами, снизить ошибку при отборе) на 20 – 40 %.

Таблица 2

Коэффициенты фенотипической (под диагональю) и генетической (над диагональю) корреляции между баллом за мастит в разные лактации дочерей (35 быков)

Лактации	1-я	2-я	3-я	1 и 2-я	с 1 по 3-ю
1	–	0,41*	0,28	0,71***	0,68 ***
2	0,36*	–	0,16	0,93***	0,74 ***
3	0,36*	0,13	–	0,22	0,70 ***
1 и 2	0,63***	0,94***	0,22	–	0,83***
с 1 по 3	0,68***	0,74***	0,63***	0,85***	–

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болгов А. Е. Повышение резистентности крупного рогатого скота к маститу / А. Е. Болгов, Е. П. Карманова, Л. Н. Муравья, В. Е. Макарова. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1996. 182 с.
2. Kaneene J. B., Hurd H. S. The National Animal Health Monitoring System in Michigan / J. B. Kaneene, // *Prev. Veter. Med.* 1990. № 8. P. 103–114.
3. National genetic evaluation programmes for dairy production traits practiced in Interbull member countries 1999–2000 / *Interbull*. Uppsala, 2000. Vol. № 24. 111 p.
4. Бальная оценка мастита у коров / Е. П. Карманова, Л. Н. Муравья, А. Е. Болгов, В. Е. Макарова // *Зоотехния*. 1997. № 11. С. 7–8.
5. Кузнецов В. М., Шестиперов А. А., Егорова В. Н. Методические рекомендации по использованию метода BLUP для оценки племенной ценности быков-производителей. Л.: ВНИИРГЖ, 1987. 69 с.
6. Кузнецов В. М., Н. А. Червяков. Бюллетень генетической оценки быков по качеству потомства методом BLUP (выпуск 2). Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 42 с.
7. Pösö J., Mäntysaari E. A. Relationships between clinical mastitis, somatic cell score, and production for the first three lactations of Finnish Ayrshire // *J. Dairy Sci.* 1996. № 79. P. 1284–1291.
8. Larroque H. Genetic parameters for type and functional traits in the French Holstein breed / H. Larroque, R. Rupp, S. Moureaux, D. Boichard, V. Ducrocq // *Proceedings International Workshop on EU Concerted Action on Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle (GIFT); Breeding Goals and Selection Schemes / Interbull*. Uppsala, 1999. № 23. P. 169–179.