

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО СХОДСТВА ПО МИКРОСАТЕЛЛИТНЫМ ЛОКУСАМ РОДИТЕЛЕЙ И ДОЧЕРЕЙ НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ

О.С. Шаталина, кандидат биологических наук,
И.В. Ткаченко, кандидат сельскохозяйственных наук,
Д.А. Афонина, К.В. Новицкая

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр
Уральского отделения РАН,
620142, Россия, Екатеринбург, ул. Белинского, 112 а
E-mail: shatalinao@list.ru

Методы молекулярной генетики позволяют выявлять маркеры желательных хозяйственно-полезных признаков сельскохозяйственных животных. Целью исследований являлось изучение влияния генетического сходства родителей и потомства на молочную продуктивность коров-дочерей. Исследование проведено на 630 парах крупного рогатого скота черно-пестрой породы. Животные аттестованы по 11 микросателлитным локусам. Установлено, что индекс генетического сходства пар «отец-мать» ниже, чем индекс сходства пар «мать-дочь» и «отец-дочь». Выявлены положительные корреляции между генетическим сходством пар «отец-мать», «отец-дочь», «мать-дочь» и молочной продуктивностью коров-дочерей. Коэффициент корреляции между генетическим сходством пар животных и удоем за 305 дней лактации составил 0,24-0,34 при $p \leq 0,05-0,01$. Установлено снижение содержания белка на 0,05% и жира на 0,16% в молоке дочерей при увеличении генетического сходства с матерями. Коэффициент корреляции между генетическим сходством пар «мать-дочь» и содержанием жира и белка в молоке составил 0,17-0,31 при $p \leq 0,01-0,001$.

THE INFLUENCE OF THE DEGREE OF GENETIC SIMILARITY IN THE MICROSATELLITE LOCI OF PARENTS AND DAUGHTERS ON THE MILK PRODUCTIVITY

Shatalina O.S., Tkachenko I.V., Afonina D.A., Novitskaya K.V.

Ural federal agrarian scientific research centre
Ural branch of the Russian academy of science
620142, Russia, Yekaterinburg, ul. Belinskogo, 112 a
E-mail: shatalinao@list.ru

Molecular genetics methods allow identifying markers of desirable economically useful traits of farm animals. The aim of the research was to study the effect of the genetic similarities of parents and offspring on the milk production of daughter cows. The study was conducted on 630 pairs of black-motley cattle. Animals are certified at 11 microsatellite loci. As a result of the studies, it was found that the index of genetic similarity of father-mother pairs is lower than the similarity index of mother-daughter and father-daughter pairs. Positive correlations were also established between the genetic similarities of the father-mother, father-daughter and mother-daughter pairs and the milk production of daughter cows. The correlation coefficient between the genetic similarity of pairs of animals and milk yield for 305 days of lactation was 0.24-0.34 at $p \leq 0.05-0.01$. A decrease in protein content of 0.05% and fat by 0.16% in the milk of daughters was established with an increase in genetic similarity with mothers. The correlation coefficient between the genetic similarity of mother-daughter pairs and the fat and protein content in milk was 0.17-0.31 at $p \leq 0.01-0.001$.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, микросателлитный локус, генетическое сходство, удой за 305 дней лактации, массовая доля жира, массовая доля белка

Key words: cattle, microsatellite locus, genetic similarity, milk yield for 305 days of lactation, mass fraction of fat, mass fraction of protein

В современном племенном животноводстве огромное значение придается ДНК-технологиям [1-4]. Основными направлениями генетических исследований являются расшифровка генотипа животных, определение генов, кодирующих хозяйственно-полезные признаки, установление достоверности происхождения [5-7]. Наиболее популярным и точным методом определения достоверности происхождения является микросателлитный анализ [8-9], позволяющий с точностью до 99,9% подтвердить происхождение особи, а также определить локусы и индекс генетического сходства, их взаимосвязь с хозяйственно-полезными признаками [10-12].

Рядом ученых исследована частота встречаемости и изменчивость аллелофонда микросателлитных локусов. Н.Г. Фенченко с соавторами (2017) выявлены различия по частоте встречаемости аллелей микросателлитных локусов по породам и линиям, а также установлена взаимосвязь между определенными микросателлитными локусами и уровнем молочной продуктивности [13]. Аналогичные исследования проведены в Марокко на крупном рогатом скоте тидили и

голштинской породы [14]. В.В. Волковой с соавторами выявлено, что 89% изменчивости аллелей микросателлитных локусов составляет внутригрупповая изменчивость, и только 11% – межгрупповая [15]. Н.С. Фуровой с соавторами (2016) изучена гетерозиготность и частота встречаемости аллелей микросателлитных локусов быков ярославской породы [16]. В работе А.Г. Кощаева с соавторами (2017) установлена высокая гетерозиготность по микросателлитным локусам крупного рогатого скота абердин-ангусской породы [17]. Н.А. Зиновьевой с соавторами (2015) выявлено внедрение новых аллелей микросателлитных локусов вследствие межпородного скрещивания [18].

Целью исследований являлось изучение взаимосвязи генетического сходства пар крупного рогатого скота и молочной продуктивности.

Методика. Исследование выполнено на базе ДНК-лаборатории Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. Объектом исследования являлись 630 пар крупного рогатого скота черно-пестрой породы, генотипированных по микросателлитным локусам и достоверных по происхождению.

ДНК выделяли из образцов цельной крови с антикоагулянтом при помощи набора ДНК-Экстран 1 (ООО «НПФ Синтол», Россия) согласно методике изготовителя. Для определения достоверности происхождения крупного рогатого скота использована панель из 11 микросателлитных локусов (BM1824, BM2113, ETH3, ETH10, ETH225, INRA23, SPS115, TGLA53, TGLA122, TGLA126, TGLA227), рекомендованных Международным Обществом Генетики Животных (ISAG). Микросателлитные локусы определены с использованием набора CorDIS Cattle (ООО «Гордиз», Россия). ПЦР-амплификация осуществлялась на термоциклере PCR-9700. Вариабельность микросателлитов изучена на генетическом анализаторе Genetic Analyzer AB 3130 с использованием программ Data Collection v.3.1 и GeneMapper v.4.0. Генетическое сходство пар крупного рогатого скота рассмотрено на основе индекса генетического сходства, рассчитанного по формуле:

$$C_{as} = (A_{bi} + A_{ci}) / 44, \text{ где}$$

C_{as} – индекс генетического сходства;
 A_{bi} и A_{ci} – число одинаковых аллелей микросателлитных локусов первого и второго животного пары;
 44 – общее количество аллелей 11 микросателлитных локусов для двух животных.

В ходе проведения исследования использованы пары животных: «мать-дочь», «отец-дочь», «отец-мать». Данные по молочной продуктивности за первую лактацию (удой за 305 дней, кг; массовая доля жира, %; массовая доля белка, %) взяты из программы ИАС «Селэкс» Молочный скот». Статистическую обработку проводили в программе Snedecor V3.5. Рассчитаны коэффициенты корреляции между генетическим сходством пар и показателями молочной продуктивности, критерии достоверности корреляций.

Результаты и обсуждение. Индекс генетического сходства встречается в четырех вариациях: $\leq 0,2$; 0,21-0,40; 0,41-0,60 и $\geq 0,61$. Исследовано генетическое сходство пар «отец-мать» (рис. 1).

Индекс генетического сходства большинства (67%) спариваемых животных составляет 0,2-0,4. Относительное количество пар «отец-мать» с индексом сходства 0,4-0,6 составило 23,3%; $\leq 0,2$ – 9,6%. Пары с индексом сходства $\geq 0,61$ отсутствуют.

На рисунке 2 отражена структура генетического

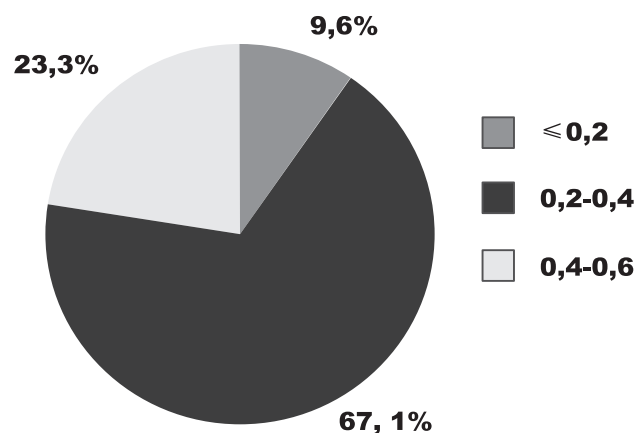


Рис. 1. Распределение пар «отец-мать» по индексу генетического сходства.

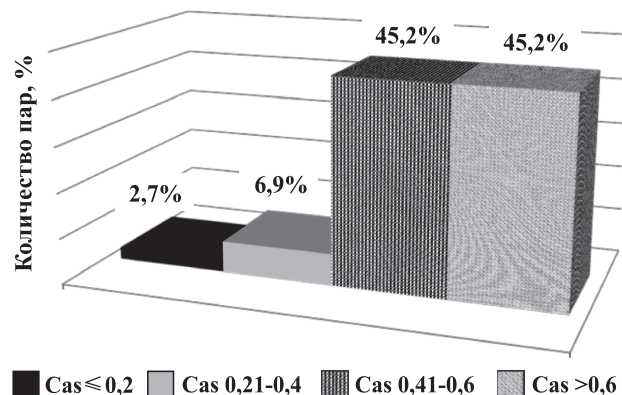


Рис. 2. Распределение пар «отец-дочь» по индексу генетического сходства.

сходства пар «отец-дочь».

При исследовании структуры генетического сходства пар «отец-дочь» крупного рогатого скота выявлено, что количество пар с индексом сходства 0,41-0,6 и более 0,61 составляет 45,2%. Количество пар с индексом сходства $\leq 0,2$ и 0,21-0,4 намного ниже – 2,7 и 6,9% соответственно.

На рисунке 3 представлена выборка пар «мать-дочь», в которой преобладают пары с индексом сходства 0,41-0,6 – 64,8%. Пар с индексом сходства 0,21-0,4 и $\geq 0,61$ меньше – 12,5 и 22,1% соответственно. Пары с индексом сходства $\leq 0,2$ составляют 0,6%.

Индекс генетического сходства пар «отец-дочь» и «мать-дочь» значительно выше, чем индекс сходства в парах «отец-мать». Родственные связи между животными обуславливают увеличение индекса генетического сходства среди пар «отец-дочь» и «мать-дочь», максимальная доля пар с высоким C_{as} ($\geq 0,61$) наблюдается среди пар «отец-дочь».

В таблице 1 отражены результаты исследований взаимосвязи генетического сходства по аллелям микросателлитных локусов пар «отец-мать» и показателей молочной продуктивности дочерей.

С увеличением генетического сходства пар «отец-мать» повышается удой дочерей за 305 дней первой лактации. Так, при индексе сходства $\leq 0,2$ удой состав-

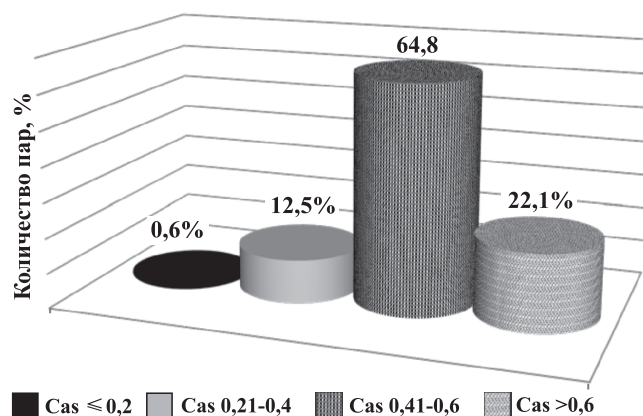


Рис. 3. Распределение пар «мать-дочь» по индексу генетического сходства.

Табл. 1. Взаимосвязь между генетическим сходством родителей и молочной продуктивностью коров-дочерей (n=210)

Индекс генетического сходства пар «отец-мать»	Молочная продуктивность дочерей		
	Удой за 305 дней лактации, кг	МДБ, %	МДЖ, %
≤0,2	6899+462	3,26+0,07	3,61+0,1
0,21-0,4	7689+207	3,27+0,02	3,59+0,03
0,41-0,6	7706+496	3,27+0,02	3,59+0,05
<i>r</i>	0,24*	0,1	0,1
* p≤0,05			

ляет 6899 кг, 0,21-0,4 – увеличивается на 790 кг, 0,41-0,6 – составляет 7706 кг. Коэффициент корреляции составил 0,24 при p≤0,05. По показателям массовой доли жира и белка в молоке дочерей четких взаимосвязей с генетическим сходством родителей не установлено.

В таблице 2 представлена молочная продуктивность дочерей при различных вариациях генетического сходства с отцами. При увеличении степени генетического сходства возрастает удой дочерей. Так, при индексе сходства ≤0,2 удой составил 7141 кг, 0,21-0,4 – 7167 кг, 0,41-0,6 – увеличивается на 382 кг, ≥0,61 – еще на 278 кг. Коэффициент корреляции составил 0,34 при p≤0,01. Также наблюдается тенденция повышения содержания белка и жира в молоке дочерей при возрастании степени генетического сходства с отцами.

При увеличении степени генетического сходства с матерями (табл. 3) возрастает удой дочерей за 305 дней лактации. Так, при индексе сходства ≤0,2 удой коров-дочерей составляет 7073 кг, 0,21-0,4 – увеличился на 102 кг, 0,41-0,61 – еще на 127 кг, ≥0,61 – увеличился на 436 кг. Коэффициент корреляции составил 0,24 при p≤0,01. При исследовании взаимосвязи генетического сходства «мать-дочь» и содержания белка в молоке наблюдается обратная картина – при увеличении С снижается содержание белка в молоке с 3,33 до 3,28%. Аналогичные результаты получены по содержанию жира в молоке – при увеличении генетического сходства «мать-дочь» МДЖ снижается с 3,74 до 3,58 %.

В ходе проведенных исследований установлено, что степень генетического сходства по микросателлитным локусам родителей и родителей с дочерьми оказывает

Табл. 2. Зависимость молочной продуктивности коров-дочерей от степени генетического сходства с отцом (n=170)

Индекс генетического сходства пар «отец-дочь»	Молочная продуктивность дочерей		
	Удой за 305 дней лактации, кг	МДБ, %	МДЖ, %
≤0,2	7141+856	3,21+0,09	3,51+0,31
0,21-0,4	7167+567	3,26+0,05	3,52+0,16
0,41-0,6	7549+343	3,27+0,12	3,61+0,20
≥0,61	7827+229	3,27+0,14	3,60+0,27
<i>r</i>	0,34**	0,17	0,14
** p≤0,01			

Табл. 3. Молочная продуктивность коров-дочерей при различной степени генетического сходства с матерями (n=250)

Индекс генетического сходства пар «мать-дочь»	Молочная продуктивность дочерей		
	Удой за 305 дней лактации, кг	МДБ, %	МДЖ, %
≤0,2	7073+520	3,33+0,07	3,74+0,10
0,21-0,4	7175+280	3,31+0,03	3,67+0,05
0,41-0,6	7302+128	3,28+0,01	3,65+0,02
≥0,61	7738+267	3,28+0,02	3,58+0,03
<i>r</i>	0,24**	-0,17**	-0,31***
** p≤0,01; *** p≤0,001			

влияние на удой дочерей. При увеличении индексов генетического сходства родителей или степени генетического сходства дочерей с матерями и отцами удой за 305 дней первой лактации достоверно увеличивается на 700-800 кг. При этом с увеличением генетического сходства матерей и дочерей снижается содержание белка и жира в молоке коров-дочерей на 0,05-0,16%.

Источником финансирования являлось выполнение государственного задания по теме: «Изучение селекционных параметров молекулярно-генетических характеристик и оценка их влияния на основные хозяйственно-полезные признаки крупного рогатого скота черно-пестрой породы в Уральском регионе».

Литература.

- Новиков А.А., Семак М.С. Генетическая экспертиза племенной продукции в Российской Федерации // Зоотехния. – 2018. – № 2. – С. 4-7.
- Яковлев А.Ф. Эпигенетические эффекты в разведении сельскохозяйственных животных // Генетика. – 2018. – № 8. – С. 890-903.
- Кудинов А.А., Масленникова Е.С., Племяшов К.В. Генетический прогресс ключевой аспект совершенствования молочного животноводства развитых стран // Зоотехния. – 2019. – № 1. – С. 2-6.
- Гридин В.Ф., Гридина С.Л. Анализ породного и классного состава крупного рогатого скота Уральского региона // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 1. – С. 50-51.
- Смарагдов М.Г. Генетическое картирование локусов, ответственных за качественные показатели молока у крупного рогатого скота // Генетика. – 2006. – № 1. – С. 5-21.
- Афанасьев М.П., Хаертдинов Р.А. Экспрессия генов белков молока у разных видов животных // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 2. – С. 43-45.
- Гладырь Е.А., Зиновьева Н.А., Косян Д.Б., Волкова В.В., Гончаренко Г.М., Солошенко В.А., Карпов А.П., Эрнст Л.К., Брем Г. Характеристика аллелофонда крупного рогатого скота некоторых мясных пород, разводимых на территории Южного Урала и Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 3. – С. 61-63.
- Танана Л.А., Глинская Н.А., Епишко О.А. Характеристика STR-полиморфизма крупного рогатого скота белорусской черно-пестрой породы // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 5. Экономика, социология, биология. – 2014. – № 3. – С. 116-122.

9. Крыцына Т.И., Кочнев Н.Н., Юдин Н.С. Генетическое разнообразие крупного рогатого скота по комплексу генотипов локусов *TNF-A* и *TNFR1* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 2. – С. 62-68.
10. Зиновьева Н.А., Гладырь Е.А. Генетическая экспертиза сельскохозяйственных животных: применение тест-систем на основе микросателлитов // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 9. – С. 19-20.
11. Глазко В.И., Косовский Г.Ю., Ковальчук С.Н., Глазко Т.Т. Полилокусное генотипирование крупного рогатого скота по участкам гомологии к ретротранспозонам // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – № 6. – С. 766-775.
12. Яковлев А.Ф. Геномная селекция и прогнозирование качества потомства животных // Вестник Российской академии наук. – 2018. – № 10. – С. 946-950.
13. Фенченко Н.Г., Хайруллина Н.И., Шамсутдинов Д.Х., Кахикало В.Г., Назарченко О.В., Гафарова Ф.М. Генетические особенности скота черно-пестрой и симментальской пород по микросателлитным локусам и их использование в селекции // Вестник Курганской ГСХА. – 2017. – № 2. – С. 70-74.
14. Нореззин А. Характеристика аллелофонда крупного рогатого скота Тидили и голштинской пород, разводимых в Марокко, по микросателлитным маркерам // Сборник материалов конференции «Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства», 2018. – С. 126-130.
15. Волкова В.В., Денискова Т.Е., Костюнина Т.И., Зиновьева Н.А. Характеристика аллелофонда локальных пород крупного рогатого скота России по микросателлитным маркерам // Генетика и разведение животных. – 2018. – № 1. – С. 3-10.
16. Фураева Н.С., Ганченкова Т.Б., Кертиев Р.М., Калашиникова Л.А. Генетическая гетерогенность быков-производителей ярославской породы по маркерам ДНК // Молочное и мясное скотоводство. – 2016. – № 6. – С. 2-4.
17. Коцаев А.Г., Шуклин С.Ю., Щукина И.В. Генетическое разнообразие крупного рогатого скота, разводимого в Краснодарском крае // Аграрный вестник Урала. – 2017. – № 2. – С. 29-38.
18. Зиновьева Н.А., Гладырь Е.А., Багиров В.А., Брем Г. Динамика биоразнообразия отечественного черно-пестрого скота под воздействием кроссбридинга // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – № 2. – С. 72-75.

Поступила в редакцию 18.11.19

После доработки 01.12.19

Принята к публикации 16.12.19