

ОЦЕНКА ПЛЕМЕННЫХ И ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА КАППА-КАЗЕИНА (CSN3)

А.И. Афанасьева, В.А. Сарычев, И.С. Кондрашкова

Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия

E-mail: Smy-asau@yandex.ru

Для цитирования: Афанасьева А.И., Сарычев В.А., Кондрашкова И.С. Оценка племенных и продуктивных качеств крупного рогатого скота голштинской породы в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3) // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 134–141. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-134-141.

Ключевые слова: каппа-казеин (CSN3), генотип, полиморфизм генов, быки-производители, родительский индекс производителя, наследуемость признаков молочной продуктивности, голштинская порода.

Реферат. Для проведения успешной и эффективной селекционно-племенной работы с крупным рогатым скотом классических методов отбора и подбора недостаточно. В практику животноводства все чаще внедряется ДНК-тестирование полиморфных форм генов, кодирующих белки молока, в частности гена каппа-казеина (CSN3). В связи с этим нами изучены племенные и продуктивные качества крупного рогатого скота голштинской породы в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3). Установлено, что среди быков-производителей черно-пестрой породы АО «Племпредприятие «Барнаульское» (Алтайский край, Российская Федерация) генотип-BB, ассоциированный с белково- и жирномолочностью регистрируется у 7 % животных, третья часть поголовья быков-производителей является гетерозиготами по В-аллелю – 35 %. Селекция, направленная на повышение удоя, обусловила преимущественное использование быков с генотипом CSN3AA (58 %), который является маркером более высоких удоев у коров, что способствовало высокой консолидации А-аллеля. Установлено, что дочери, полученные от быков с генотипом CSN3AB, достоверно превосходили коров, полученных от быков с генотипом CSN3AA по величине удоя на 10 % (590 кг), по выходу молочного жира и белка – на 12,4 % (29,9 кг) и 9,8 % (18,1 кг) соответственно, по жирномолочности – на 0,09 % ($p < 0,001$). Наибольшая степень реализации генетического потенциала по величине родительского индекса быков-производителей установлена по содержанию жира в молоке на 95,3–99,5 % и белкомолочности на 89,8–94,8 %, в то же время по удою реализация генетического потенциала соответствует 59,4–69,7 %. Наиболее высокая молочная продуктивность отмечалась у коров-матерей с гетерозиготным генотипом CSN3AB и составляла 8 543 кг.

ASSESSMENT OF BREEDING AND PRODUCTIVE QUALITIES OF HOLSTINIZED CATTLE DEPENDING ON POLYMORPHISM OF THE KAPPA-CASEIN GENE (CSN3)

A.I. Afanasyeva, V.A. Sarychev, I.S. Kondrashkova

Altai State Agrarian University, Barnaul, Russia

E-mail: Smy-asau@yandex.ru

Keywords: kappa casein (CSN3), genotype, gene polymorphism, sires, parental sire index, heritability of milk production traits, Holstein breed.

Abstract. Classical selection and selection methods are not enough for successful and efficient selection and breeding work with cattle. DNA testing of polymorphic forms of genes encoding milk proteins, in particular the kappa-casein gene (CSN3), is increasingly being introduced into animal husbandry practice. In this regard, we studied the breeding and productive qualities of Holstein cattle depending on the polymorphism of the kappa-casein gene (CSN3). It was found that among the black-and-white breeding bulls of JSC “Barnaul Breeding Enterprise” (Altai Krai, Russian Federation), the BB genotype associated with protein and fat milk content is recorded in 7 % of animals, a third of the herd of bulls are heterozygotes for the B allele – 35 %. Selection aimed at increasing milk yield determined the preferential use of bulls with the CSN3^{AA} genotype (58 %), which is a marker of higher milk yields in cows, which contributed to high consolidation of the A allele. It was found that daughters obtained from bulls with the CSN3^{AB} genotype reliably exceeded cows obtained from bulls with the CSN3^{AA} genotype in milk

yield by 10% (590 kg), in milk fat and protein yield by 12.4 % (29.9 kg) and 9.8 % (18.1 kg) and milk fat content by 0.09 % ($p < 0.001$). The highest degree of realization of genetic potential by the value of parental index of sires was established by the content of fat in milk at 95.3–99.5 % and protein content at 89.8–94.8 %, at the same time, by milk yield, the realization of genetic potential corresponds to 59.4–69.7 %. The highest milk productivity was noted in mother cows with heterozygous genotype CSN3AB and amounted to 8543 kg.

На долю молочного скотоводства в России и Алтайском крае приходится более половины от всего имеющегося поголовья, поэтому оно является основным фактором роста производства продуктов животноводства.

Совершенствование продуктивных и племенных качеств крупного рогатого скота молочного направления продуктивности возможно с использованием современных и перспективных биотехнологических методов, к которым относится геномная селекция, способная установить наследование в генах определенных аллелей и отбирать для разведения только самых лучших животных. Практическое внедрение методов геномной селекции возможно благодаря Указу Президента РФ от 21 июля 2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» и Указ Президента РФ от 28 ноября 2018 года № 680 «О развитии генетических технологий в РФ».

Для проведения успешной и эффективной селекционно-племенной работы с крупным рогатым скотом классических методов отбора и подбора недостаточно. Вследствие этого в практику животноводства все чаще внедряется ДНК-тестирование полиморфных форм генов, кодирующих белки молока, в частности гена каппа-казеина (CSN3). Достижения в области технологии маркеров на основе ДНК позволили идентифицировать геномные области, лежащие в основе сложных фенотипических признаков у молочного скота. Включение выявленных количественных локусов признаков в генетическую оценку дает большой потенциал для повышения точности отбора, что ускоряет генетическое улучшение экономически важных признаков и может служить дополнительным критерием для отбора в молочном скотоводстве [1–5].

Цель исследований – изучение ассоциативных связей между аллельным полиморфизмом гена каппа-казеина (CSN3), генетическим потенциалом быков-производителей голштинской породы и продуктивности полученных от них дочерей.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на базе АО «Плем-предприятие «Барнаульское» и племенного завода АО «Учхоз «Пригородное». Объектом исследования послужили быки-производители ($n = 45$) и лактирующие коровы ($n = 70$) голштинской породы.

Данные, необходимые для установления ассоциативных связей полиморфизма гена CSN3 у быков-производителей с племенной ценностью по показателям молочной продуктивности женских предков, были получены из базы данных «СЕЛЭКС. Молочный Скот» и племенных карточек (форма 1-МОЛ).

Генотипирование быков-производителей по гену каппа-казеина проведено в лаборатории биотехнологии Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства Сибирского федерального академии наук. Геномная ДНК была выделена из консервированной ЭДТА КЗ (трикалиевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты) цельной крови быков. Полиморфизм гена каппа-казеина выявляли методом ПЦР–ПДРФ (полимеразная цепная реакция – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов) в соответствии с методическими рекомендациями Л.А. Калашниковой и др., 2015 [4].

Племенная ценность быков-производителей определялась сравнительным методом «дочери-сверстницы» по показателям молочной продуктивности за 305 дней первой лактации ($n = 325$).

Уровень воздействия генотипов быков в зависимости от аллелей по гену каппа-казеина на наследуемость признаков молочной продуктивности их дочерями устанавливали с помощью однофакторного дисперсионного анализа.

Анализ и статистическая обработка полученных данных проведена в соответствии с методическими рекомендациями Н.И. Коростелевой [6], с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение полиморфизма генов является фундаментальной основой современной селекции, учитывающей особенности генотипа отдельных животных, определяющих их продуктивные и хозяйственно полезные признаки. В настоящее время широкое применение в селекционно-племенной работе получило изучение взаимосвязи генетического полиморфизма молочных белков, в частности каппа-казеина, с качественными и количественными показателями молочной продуктивности, что позволяет использовать полученные результаты в качестве вспомогательного средства отбора и проведения генетического мониторинга [7].

Генотип быка по каппа-казеину может служить дополнительным критерием при отборе животных. Поэтому при подборе быков-производителей нужно принимать во внимание их генотип по каппа-казеину. Использование быков-производителей без учета их генотипов приводит к понижению частоты встречаемости в стаде предпочтительных генотипов и ухудшению свойства молока [8].

В связи с этим нами проведена оценка частоты встречаемости генотипов каппа-казеина (CSN3) у животных, выращенных на базе АО «Племпредприятие «Барнаульское» и ПЗ АО «Учхоз «Пригородное», которые являются основой племенной базы по разведению голштинского скота (табл. 1).

Таблица 1

Генотипическая структура по частоте генотипов и аллелей гена CSN3 скота голштинской породы
Genotypic structure by genotype and allele frequencies of the CSN3 gene in Holstein cattle

Ген	Частота генотипов, %	Частота аллелей, доли ед.	χ^2
Коровы племенного ядра АО Учхоз «Пригородное»			
CSN3 ^{AA}	0,573±0,0592	A-0,743±0,038 B-0,257±0,056	0,74
CSN3 ^{AB}	0,341±0,0567		
CSN3 ^{BB}	0,086±0,0335		
Быки–производители АО Племпредприятие «Барнаульское»			
CSN3 ^{AA}	0,578±0,0027	A-0,756±0,0020 B-0,245±0,0021	0,063
CSN3 ^{AB}	0,356±0,0025		
CSN3 ^{BB}	0,07±0,0007		

В генетической структуре алтайской популяции голштинского скота более консолидировался А-аллель по гену каппа-казеина, частота встречаемости которого в 3 раза выше, чем В-аллеля (см. табл. 1). Селекция, направленная на повышение удоя, обусловила преимущественное использование производителей с генотипом CSN3^{AA} (57 %), являющимся маркером, ассоциированным с более высокими удоями у коров. ВВ-генотип характеризуется низкой частотой встречаемости от 7,0 до 8,6 %

Анализ полиморфизма гена CSN3 у быков-производителей, используемых АО «Племпредприятие «Барнаульское» свидетельствует о снижении генотипической частоты аллеля CSN3^B, что является отражением односторонней селекции на увеличение удоев для получения преимущественно питьевого молока и приводит к снижению белкомолочности [8]. Это согласуется с результатами целого ряда отечественных ученых и зарубежных исследователей [8, 9], которые

указывают на то, что наличие ценного В-аллеля каппа-казеина, определяющего сыропригодность молока, в отечественных стадах черно-пестрого скота очень низкая. По мере увеличения интенсивности отбора наблюдается снижение частоты встречаемости аллельного варианта CSN3^B, связанного с кроссбридингом отечественного черно-пестрого скота, ведущим к отсутствию этого аллеля в генотипе животных [10]. Это становится причиной постепенного снижения генетического разнообразия и увеличения генетического сходства черно-пестрой и голштинской пород [11].

Выявление производителей, содержащих генотип CSN3^{BB}, и использование их в селекции позволит не только сохранить генетическое разнообразие и поддерживать концентрацию В-аллеля в маточном поголовье, но и улучшить технологические свойства молока и повысить его сыропригодность.

Следует отметить, что разные исследователи неодинаково оценивают степень и наличие

ассоциативных связей между генетическими вариантами каппа-казеина, результаты исследований являются противоречивыми. В то время как Strzalkowska [12] и Alendri [13] не обнаружили значимых ассоциаций, результаты других исследователей [14–18] указывают на существенное влияние различных аллелей к-казеина на показатели молочной продуктивности. Это может быть связано с тем, что формирование качественных и

количественных показателей молочной продуктивности обусловлено полигенным характером, сложными расщеплениями и рекомбинацией генов.

Одной из задач наших исследований являлось изучение родительского индекса производителя (РИП) и средней молочной продуктивности дочерей быков-производителей черно-пестрой породы разных генотипов по гену каппа-казеина (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика молочной продуктивности коров, полученных от быков-производителей разных генотипов по гену каппа-казеина

Characteristics of milk productivity of cows obtained from bulls of different genotypes for the kappa-casein gene

Генотип CSN3		РИП быков			Средняя продуктивность дочерей				
		Удой, кг	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %	Удой, кг	Массовая доля жира, %	Молочный жир, кг	Массовая доля белка, %	Молочный белок, кг
AA	Sx	10032	4,26	3,44	5959	4,06	241,9	3,09	184,1
	m	±328,5	±0,047	±0,030	±87,7	±0,013	±3,70	±0,004	±2,72
AB	Sx	9391	4,17	3,26	6549	4,15	271,8	3,09	202,2
	m	±425,5	±0,081	±0,035	±141,0***	±0,023***	±5,87***	±0,010	±4,34***
BB	Sx	8944	4,19	3,23	—	—	—	—	—
	m	±1461,0	±0,113	±0,183	—	—	—	—	—

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. Разница достоверна в соответствии с генотипом CSN3^{AA}.

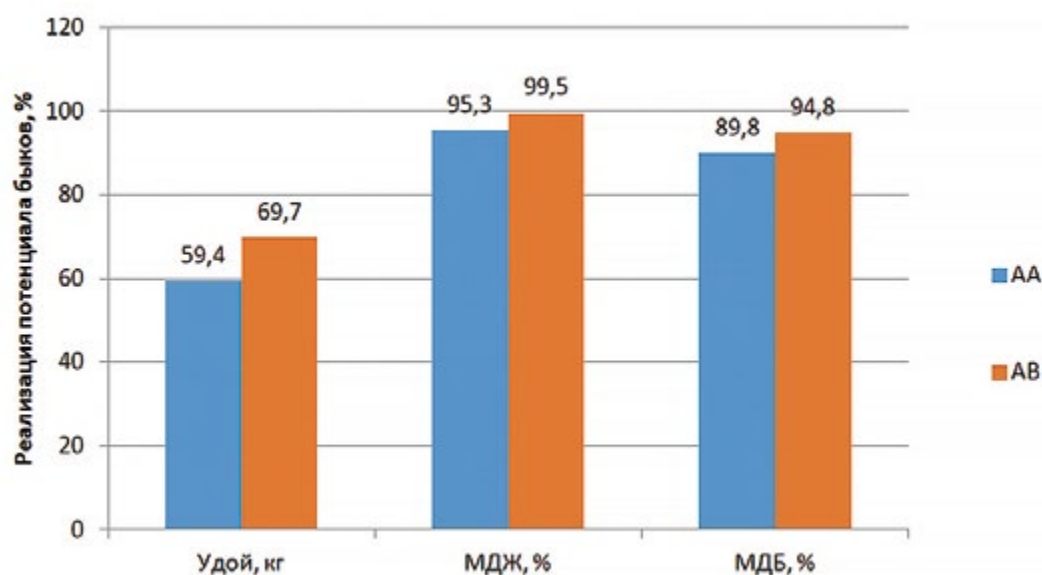
Установлено, что дочери быков с гетерозиготным генотипом CSN3^{AB} достоверно превосходили коров, полученных от быков с генотипом CSN3^{AA} (см. табл. 2), по уровню удоя на 10 % (590 кг), по выходу молочного жира и белка – на 12,4 % (29,9 кг) и 9,8% (18,1 кг) соответственно, по жирномолочности – на 0,09 % ($p < 0,001$). Следует отметить, что массовая доля белка в молоке у коров, полученных от производителей с генотипами CSN3^{AA} и CSN3^{AB}, не отличалась и составила 3,09 %.

Содержание жира и белка в молоке у дочерей исследуемых быков AA и AB генотипов по гену CSN3 характеризовалось низкой степенью изменчивости ($C_v = 1,8–5,0$ %), а удой, количество молочного жира и белка – средней вариабельностью ($C_v = 17,8–24,5$ %), что может быть обусловлено их более высокой генетической детерминацией [19].

Необходимо отметить, что в настоящее время от быков с генотипом CSN3^{BB} либо не получено достаточного количества потомства, необходимо для оценки генетического потенциала, либо они использовались в товарных хозяйствах с низким

уровнем зоотехнического учета, что затрудняет их оценку.

Степень реализации генетического потенциала быков-производителей в значительной мере определяется не только особенностями кормления, но и культурой ведения животноводства на конкретном сельскохозяйственном предприятии [4]. Выявлено, что в условиях Алтайского края наибольшая степень реализации генетического потенциала (рисунок) по величине РИП (родительского индекса производителя) установлена по содержанию жира в молоке на 95,3–99,5 % и белкомолочности на 89,8–94,8 %, в то же время по удою реализация генетического потенциала соответствует 59,4–69,7 %. Сравнительная оценка быков разных генотипов по гену CSN3 по степени реализации генетического потенциала (см. рисунок) показала, что в наибольшей степени он проявился среди потомства быков с генотипом AB (выше по удою на 10,3 %, МДЖ – 4,2 % и МДБ – 5,0 %), чем у дочерей производителей с гомозиготным генотипом AA, что свидетельствует об их генетическом превосходстве.



Реализация генетического потенциала быков-производителей черно-пестрой породы разных генотипов по гену CSN3 по показателям молочной продуктивности

Realization of the genetic potential of black-and-white breed bulls of different genotypes for the CSN3 gene in terms of milk productivity

Исследования показали, что чем выше генетический потенциал производителя по РИП, тем меньше он оказался реализован, что согласуется с результатами других исследователей и связано с тем, что высокопродуктивные животные более требовательны к условиям кормления и содержания [4, 6]. Однако оценка по усредненным показателям дочерей не должна являться ограничением при подборе производителей к стаду, так как их потенциал позволяет улучшать более высокопродуктивных животных и рекордисток.

При изучении корреляционной зависимости между признаками молочной продуктивности у дочерей исследуемых быков с разным генотипом по гену каппа-казеина (табл. 3) установлена высокая прямая достоверная связь между удоем и выходом молочного жира, удоем и количеством белка. Незначительная обратная корреляция наблюдается между удоем и содержанием белка в

молоке (см. табл. 3). Полученные данные корреляционного анализа характеризуют физиологический статус животных, обеспечивающий как количество молока, так и его высокий качественный состав [19, 20]. Некоторыми авторами получены результаты, в которых повышение обильномолочности сопровождается снижением содержания жира и белка в молоке [21].

Следует отметить, что потомство быков, гетерозиготных по гену каппа-казеина, характеризуется незначительной положительной зависимостью между содержанием жира в молоке и белково-молочностью при слабой обратной корреляции между удоем и массовой долей жира (МДЖ).

При этом у дочерей быков с AA-генотипом по гену CSN3 между удоем и жирномолочностью отмечается положительная слабая корреляция, но связь между содержанием жира и белка в молоке отрицательная слабая.

Таблица 3

Молочная продуктивность дочерей быков-производителей черно-пестрой породы разных генотипов по гену каппа-казеина (CSN3), $r \pm Sr$
Milk productivity of daughters of black-and-white breed bulls of different genotypes for the kappa-casein gene (CSN3), $r \pm Sr$

Корреляция между признаками		Генотипы быков-отцов	
		CSN3 AA	CSN3 AB
1	2	3	4
Удой, кг – МДЖ, %	r	0,11	-0,14
	Sr	±0,062	±0,121

1	2	3	4
Удой, кг – МДБ, %	r	-0,07	-0,13
	Sr	±0,063	±0,121
Удой, кг – количество молочного жира, кг	r	0,98	0,97
	Sr	±0,012***	±0,030***
Удой, кг – количество молочного жира, кг	r	0,99	0,99
	Sr	±0,009***	±0,017***
Удой, кг – количество молочного жира, кг	r	-0,10	0,09
	Sr	±0,062	±0,122

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. Разница достоверна между группами.

Методом однофакторного дисперсионного анализа нами была определена доля генетической изменчивости, обусловленная генотипами быков-отцов с А-аллелью по гену каппа-казеина. В исследуемой нами популяции голштинского скота влияние генотипов производителей на реализацию у дочерей удоя и жирномолочности оказалось незначительным – 4,1 и 4,5 % соответственно. Варьирование массовой доли белка происходит независимо от влияния генотипа быков-отцов с А-аллелью по гену CSN3. Это свидетельствует о

том, что фенотипическое проявление изученных признаков молочной продуктивности у потомства быков больше зависит от других неучтенных факторов.

Одним из факторов, играющих важную роль в повышении продуктивных показателей дочерей, является влияние генотипа коров-матерей. В связи с этим нами проведен анализ взаимосвязи молочной продуктивности и полиморфизма гена CSN3 у коров голштинской породы (табл. 4).

Таблица 4

Показатели молочной продуктивности коров голштинской породы с различными вариантами гена каппа-казеина
Milk productivity indicators of Holstein cows with different variants of the kappa-casein gene

Генотип	Показатель		
	Удой за 305 дней, кг	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %
CSN3 ^{AA}	8493,5±304,47	4,38±0,027	3,18±0,031
CSN3 ^{AB}	8543,0±316,92	4,35±0,023	3,26±0,073
CSN3 ^{BB}	8383,0±482,71	4,39±0,064	3,37±0,085

В наших исследованиях значительных отличий по величине удоя у коров с различным генотипом каппа-казеина не выявлено, тем не менее следует отметить тенденцию, что коровы голштинской породы с гетерозиготным генотипом CSN3^{AB} в среднем характеризовались более высоким удоём, что на 0,6 и 1,9 % больше, чем у животных с гомозиготными генотипами CSN^{BB} и CSN^{AA}. По содержанию белка и жира в молоке животные с генотипом CSN^{BB} на 5,9 и 3,3 % соответственно превосходят коров с генотипом CSN^{AA} и CSN^{AB}.

ВЫВОДЫ

1. Селекция, направленная на повышение удоя, обусловила преимущественное использование быков-производителей с генотипом CSN3^{AA},

который является маркером более высоких удоёв у коров, что способствовало высокой консолидации А-аллеля (74 %), частота встречаемости которого в 3 раза выше, чем В-аллеля.

2. Молочная продуктивность, выход молочного жира и белка выше на 10, 12,4 и 9,8 % соответственно у дочерей быков с гетерозиготным генотипом АВ по гену CSN3.

3. Степень реализации генетического потенциала выше у потомства быков-производителей с генотипом АВ на 10,3 % по удою, на 2 % – по массовой доле жира, на 5 % – по массовой доле белка в сравнении с дочерьми, полученными от быков с генотипом АА. По содержанию белка и жира молоко коров-матерей с генотипом CSN^{BB} на 5,9 и 3,3 % соответственно превосходит аналоги с генотипом CSN^{AA} и CSN^{AB}.

4. Для воспроизводства стада и формирования высокопродуктивного поголовья рекомендуется более широко использовать носителей перспективных генотипов с В-аллелью по гену каппа-казеина, которые окажут улучшающий эффект на повышение признаков молочной продуктивности.

Благодарности: Министерству сельского хозяйства Алтайского края за предоставление гранта (№ 122080300001-5), в рамках которого была создана лаборатория ДНК-диагностики животных ФГБОУ ВО Алтайского ГАУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афанасьева А.И., Кондрашкова И.С., Сарычев В.А. Сравнительный анализ родительского индекса быков-производителей черно-пестрой породы разных генотипов по гену каппа-казеина (CSN3) // Научно-практический журнал Вестник ИрГСХА. – 2021. – № 3(104). – С. 120–133. – DOI: 10.51215/1999-3765-2021-104-120-133.
2. Кондрашкова И.С., Яковлева Т.П. Оценка племенной ценности быков черно-пестрой породы приобского типа // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1 (147). – С. 84–92.
3. Леер Е.В., Кондрашкова И.С. Племенная ценность быков по молочной продуктивности и ее реализация // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. мат-лов XV Междунар. науч.-практ. конф. Барнаул, 2020. С. 178–180.
4. Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота / Л.А. Калашникова, Я.А. Хабибрахманова, И.Ю. Павлова [и др.]. – Лесные Поляны, 2015. – 33 с.
5. Гончаренко Г.М., Авадани Д.А., Хорошилова Т.С. Оценка полиморфизма коров разных пород по генам продуктивности и резистентности // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2(232). – С. 54–61. – DOI: 10.53083/1996-4277-2024-232-2-54-61. – EDN JBRFDK.
6. Биометрия в животноводстве / Н.И. Коростелева, И.С. Кондрашкова, Н.М. Рудишина, И.А. Камардина: учеб. пособие. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2009. – 210 с.
7. Динамика биоразнообразия отечественного черно-пестрого скота под воздействием кроссбридинга / Н.А. Зиновьева, Е.А. Гладырь, В.А. Багиров, Г. Брем // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 19, № 2. – С. 72–75.
8. Марзанов Н.С., Саморуков Ю.В., Ескин Г.В. Сохранение биоразнообразия. Генетические маркеры и селекция животных (обзор) // Сельскохозяйственная биология. – 2006. – Т. 41, № 4. – С. 3–19.
9. Овсянникова Г.В., Бородин Е.Ю. Полиморфизм гена каппа-казеина и его связь с технологическими свойствами молока у красно-пестрого скота // Студенческий научный форум – 2016. VIII Междунар. студ. науч. конф. – URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016025862> (дата обращения: 31.07.2021).
10. Шукюрова А.М., Авадани Д.А., Гончаренко Г.М. Мониторинг генотипической структуры стада черно-пестрой породы // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. мат-лов XVII Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул, 2022. – Т. 2. – С. 183–185. – EDN ZAVMRZ.
11. Strzalkowska N., Krzyzewski J., Ryniewicz Z. Effects of κ -casein and β -lactoglobulin loci polymorphism, cow's age, stage of lactation and somatic cell count on daily milk yield and milk composition in Polish Black-and-White cattle // Anim Sci Paper Rep. – 2002. – № 20. – P. 21–35.
12. The effects of milkprotein polymorphisms on milk components and cheese-producing ability / R. Aleandri, L.G. Butazzoni, J.C. Schneider, A. Caroli, R. Davali // J. Dairy Sci. – 1990. – № 73. – P. 241–255.
13. Kalaimani R., Miruna S. Genetic polymorphisms of kappa-casein (CSN3) gene and its association with bovine milk properties // Journal of Livestock Science. – 2024. – № 15. – P. 150–159. – DOI: 10.33259/JLivestSci.2024.150-159.
14. Pytlewski J., Antkowiak I., Kuèera J. Correlations between genetic combinations of lactoglobulin and casein and milk yield and composition in black and white cows // Acta Univ. Agric. et Silv. Mendel. Brun. – 2002. – № 4. – P. 77–84.
15. Polymorphisms in beta and kappa-casein are not associated with milk production in two highly technified populations of holstein cattle in Mexico / T. Duifhuis-Rivera, C. Lemus-Flores, M.A. Ayala-Valfadinós [et al.] // Journal of Animal and Plant Sciences. – 2014. – № 24(5). – P. 1316–1321.
16. Alipanah M., Klashnikova L.G., Rodionov G.V. Kappa-casein genotypic frequencies in Russian breeds black and red pied cattle // Iran. J. Biotechnology. – 2007. – Vol. 3, № 3. – С. 191–194.
17. Бакай А.В., Мкртчян Г.В., Кровикова А.Н. Корреляция между признаками молочной продуктивности у коров черно-пестрой породы разных генераций // Достижения вузовской науки. – 2014. – № 13. – С. 79–81.
18. Иванова И.П., Троценко И.В. Применение селекционно-генетических параметров в племенной работе с молочным скотом // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 3(144). – С. 65–70.
19. Холодова Л.В. Генетический потенциал и племенная ценность быков-производителей // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 2(55). – С. 106–113. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-106-113. – EDN EBKZIM.
20. Силкина С.Ф., Букаров Н.Г. Современное состояние использования генетических маркеров в племенном скотоводстве // Сельскохозяйственный журнал. – 2012. – № 5. – С. 41–45.

21. Валиева Е.Р., Унжакова А.А., Кочнев Н.Н. Оценка влияния материнского генотипа на реализацию продуктивного потенциала голштинизированного скота в условиях Новосибирской области // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 4(57). – С. 56–64. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-56-64. – EDN EHBFCY.

REFERENCES

1. Afanas`eva A.I., Kondrashkova I.S., Sary`chev V.A., *Nauchno-prakticheskij zhurnal Vestnik IrGSXA*, 2021, No. 3(104), pp. 120–133, DOI: 10.51215/1999 - 3765-2021-104-120-133. (In Russ.)
2. Kondrashkova I.S. Yakovleva T.P., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, No. 1 (147), pp. 84–92. (In Russ.)
3. Leer E.V., Kondrashkova I.S., *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyajstvu* (Agricultural science - for agriculture), Proceedings of the Conference Title, 2020, Vol. 2, pp. 178–180.
4. Kalashnikova L.A., Xabibraxmanova Ya.A., Pavlova I.Yu., Ganchenkova T.B., Dunin M.I., Pridanova I.E., *Rekomendacii po genomnoj ocenke krupnogo rogatogo skota* (Recommendations for genomic evaluation of cattle), Lesny'e Polyany, 2015, 33 p.
5. Goncharenko G.M., Avadani D.A., Xoroshilova T.S., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2024, No. 2(232), pp. 54–61, DOI: 10.53083/1996-4277-2024-232-2-54-61, EDN JBRFDK. (In Russ.)
6. Korostelyova N.I., Kondrashkova I.S., Rudishina N.M., Kamardina I.A., *Biometriya v zhivotnovodstve*, Barnaul: Izd-vo AGAU, 2009, 210 p.
7. Zinov`eva N.A., Glad`y`r` E.A., Bagirov V.A., Brem G., *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2015, Vol. 19, No. 2, pp. 72–75. (In Russ.)
8. Marzanov N.S., Samorukov Yu.V., Eskin G.V., *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya*, 2006, Vol. 41, No. 4, pp. 3–19. (In Russ.)
9. Ovsyannikova G.V., Borodina E.Yu., *Studencheskij nauchny`j forum – 2016* (Student Science Forum – 2016), Proceedings of the Conference Title, URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016025862>. (In Russ.)
10. Shukyurova A.M., Avadani D.A., Goncharenko G.M., *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyajstvu* (Agricultural science - for agriculture), Proceedings of the Conference Title, 2022, Vol. 2, pp. 183–185, EDN ZAVMRZ. (In Russ.)
11. Strzalkowska N., Krzyzewski J., Ryniewicz Z., Effects of κ -casein and β -lactoglobulin loci polymorphism, cow's age, stage of lactation and somatic cell count on daily milk yield and milk composition in Polish Black-and-White cattle, *Anim Sci Paper Rep.*, 2002, No. 20, pp. 21–35.
12. Aleandri R., Butazzoni L.G., Schneider J.C., Caroli A., R. Davali, The effects of milkprotein polymorphisms on milk components and cheese-producing ability, *J. Dairy Sci.*, 1990, No. 73, pp. 241–255.
13. Kalaimani R., Miruna S., Genetic polymorphisms of kappa-casein (CSN3) gene and its association with bovine milk properties, *Journal of Livestock Science*, 2024, No. 15, pp. 150–159, DOI: 10.33259/JLivestSci.2024.150-159.
14. Pytlewski J., Antkowiak I., Kuèera J., Correlations between genetic combinations of lactoglobulin and casein and milk yield and composition in black and white cows, *Acta Univ.Agric. et Silv. Mendel. Brun.*, 2002, No. 4, pp. 77–84.
15. Duifhuis-Rivera T., Lemus-Flores C., Ayala-Valfadinis M.A. [et al.], Polymorphisms in beta and kappa-casein are not associated with milk production in two highly technified populations of holstein cattle in Mexico, *Journal of Animal and Plant Sciences*, 2014, No. 24, pp. 1316–1321.
16. Alipanah M., Klashnikova L.G., Rodionov G.V. Kappa-casein genotypic frequencies in Russian breeds black and red pied cattle, *Iran. J. Biotechnology*, 2007, Vol. 3, No. 3, pp. 191–194.
17. Bakaj A.V., Mkrtchyan G.V., Krovikova A.N., *Dostizheniya vuzovskoj nauki*, 2014, No. 13, pp. 79–81. (In Russ.)
18. Ivanova I.P., Trocenko I.V., *Vestnik KrasGAU*, 2019, No. 3(144), pp. 65–70. (In Russ.)
19. Xolodova L.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet)*, 2020, No. 2(55), pp. 106–113, DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-106-113, EDN EBKZIM. (In Russ.)
20. Silkina S.F., Bukarov N.G., *Sel'skoxozyajstvenny`j zhurnal*, 2012, No. 5, pp. 41–45. (In Russ.)
21. Valieva E.R., Unzhakova A.A., Kochnev N.N., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet)*, 2020, No. 4(57), pp. 56–64, DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-56-64, EDN EHBFCY. (In Russ.)

Информация об авторах:

А.И. Афанасьева, доктор биологических наук, профессор
В.А. Сарычев, кандидат биологических наук, доцент
И.С. Кондрашкова, кандидат биологических наук, доцент

Contribution of the authors:

A.I. Afanasyeva, Doctor of Biological Sciences, Professor
V.A. Sarychev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
I.S. Kondrashkova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.