

Научная статья
УДК 636.2.034:636.082.11
<https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-2-159-164>

ГЕНОТИП-СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ У КОРОВ-ПЕРВОТЕЛОК ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ С МАКСИМАЛЬНЫМ ВЫХОДОМ МОЛОЧНОГО ЖИРА

Валентина Владимировна Алтухова^{1✉}, Александр Викторович Востроилов²

^{1,2}Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

¹valentina2000stepanova@yandex.ru✉

²kaftchz@veterin.vsau.ru

Аннотация. Ген каппа-казеина (CSN3) является значимым маркером в селекции молочного скота, однако его влияние на комплекс хозяйственно-полезных признаков у животных с максимальной реализацией продуктивного потенциала изучено недостаточно. Целью данного исследования явилось выявление генотип-специфических особенностей молочной продуктивности, воспроизводительных качеств и технологических свойств у коров-первотелок голштинской породы с различными генотипами CSN3 (AA, AB, BB), отобранных в верхнюю страту по выходу молочного жира за 305 дней лактации. Работа выполнена в 2023–2025 гг. в ООО «Дон» Воронежской области. Методом процентильной стратификации внутри каждой генетической группы сформированы нижняя, средняя и верхняя страты. Детальному анализу подвергнуты животные верхней страты (n=57). Установлено, что генотип BB достоверно ($p \leq 0,05$) превосходит генотип AA по выходу молочного жира на 19,28 кг, а также удою, скорректированному по 4% жирности (FCM). Генотип AB характеризуется наиболее сбалансированным профилем – максимальным выходом молочного белка (378,75 кг), наивысшей скоростью молокоотдачи (2,33 кг/мин) и минимальными расчетными трудовыми затратами на доение. Выявлен четкий градиент по продолжительности сервис-периода – AA > AB > BB, однако различия не достигли уровня статистической значимости ($p > 0,05$). Совокупность полученных данных позволяет рекомендовать гетерозиготный генотип AB в качестве предпочтительного для селекции на сбалансированную продуктивность и технологичность.

Ключевые слова: голштинская порода, каппа-казеин, генотип, выход молочного жира, стратификация

Для цитирования: Алтухова В.В., Востроилов А.В. Генотип-специфические особенности молочной продуктивности у коров-первотелок голштинской породы с максимальным выходом молочного жира // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2026. № 2(85). С. 159–164. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-2-159-164>.

Original article

GENOTYPE-SPECIFIC FEATURES OF DAIRY PRODUCTIVITY IN HOLSTEIN FIRST-CALF COWS WITH MAXIMUM MILK FAT YIELD

Valentina V. Altukhova^{1✉}, Alexander V. Vostroilov²

^{1,2}Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia

¹valentina2000stepanova@yandex.ru✉

²kaftchz@veterin.vsau.ru

Abstract. The kappa-casein gene (CSN3) is a significant marker in dairy cattle breeding; however, its influence on the complex of economically useful traits in animals with maximum realization of productive potential has been insufficiently studied. The aim of this research was to identify genotype-specific features of milk productivity, reproductive qualities, and technological properties in Holstein first-calf heifers with different CSN3 genotypes (AA, AB, BB), selected into the upper stratum based on milk fat yield over 305 days of lactation. The work was carried out in 2023–2025 at LLC "Don" in the Voronezh region. The object of the study was Holstein first-calf heifers (n=166). Using the percentile stratification method within each genetic group, lower, middle, and upper strata were formed. Animals from the upper stratum (n=57) were subjected to detailed analysis. It was found that the BB genotype significantly ($p \leq 0,05$) surpasses the AA genotype in milk fat yield by 19,28 kg, as well as in milk yield adjusted to 4% fat (FCM). The AB genotype is characterized by the most balanced profile: maximum milk protein yield (378,75 kg), the highest milking rate (2,33 kg/min), and minimal estimated labor costs for milking. A clear gradient in the duration of the service period was revealed: AA > AB > BB, although the differences were not statistically significant ($p > 0,05$). The totality of the obtained data allows us to recommend the heterozygous AB genotype as preferable for breeding for balanced productivity and technological efficiency.

Keywords: holstein breed, kappa-casein, genotype, milk fat yield, stratification

For citation: Altukhova V.V., Vostroilov A.V. Genotype-specific features of dairy productivity in Holstein first-calf cows with maximum milk fat yield. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2026, no. 2(85), pp. 159–164. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-2-159-164>.

Введение. Изучение полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3) является обязательным элементом современных программ геномной оценки племенной ценности молочного скота, поскольку данный локус выступает в роли

предиктора технологических свойств молока. Установлено, что аллель В связан с повышенным содержанием белка и улучшенными сыродельческими качествами молока [3, 5]. Однако в условиях интенсивной селекции,

направленной на увеличение выхода молочного жира, могут проявляться генотип-специфические метаболические компромиссы, влияющие на общую сбалансированность продуктивности, воспроизводительные качества и технологические свойства животных [1, 9].

При этом закономерности реализации генетического потенциала у животных с различными генотипами CSN3 в группах максимальной продуктивности (верхних стратах) исследованы недостаточно, особенно в аспекте комплексной оценки, включающей не только показатели продуктивности, но и функциональные признаки [2,8]. Цель настоящей работы – сравнительный анализ показателей молочной продуктивности, состав молока, динамики лактации, воспроизводительных качеств и технологических свойств у коров-первотелок голштинской породы различных вариантов генотипа CSN3, отобранных в группу с максимальным выходом молочного жира (верхняя страта).

Материалы и методы исследований. Исследование выполнено в 2023-2025 гг. в условиях сельскохозяйственного предприятия ООО «Дон» Хохольского района Воронежской области. Объектом исследования служили коровы-первотелки голштинской породы (n=166). Животные содержались в условиях беспривязного способа содержания и получали полнорационный рацион, сбалансированный по основным питательным веществам в соответствии с детализированными нормами кормления [7]. Генотипирование животных по локусу каппа-казеина (CSN3) проводилось в лаборатории молекулярно-генетической экспертизы «Агроплем» (свидетельство № 009541, аккредитована на соответствие ГОСТ ISO/IEC 17025-2019, номер в реестре аккредитованных лиц: RA.RU.21PA52) методом ПЦР-ПДРФ.

Внутри каждой генетической группы (AA, AB, BB) для детального изучения взаимосвязей между признаками был применен метод процентильной стратификации по комплексному селекционному показателю «выход молочного жира за 305 дней лактации». На основе рассчитанных 33-го (P33) и 66-го (P66) процентилей сформированы три страты равного объема: нижняя (I), средняя (II) и верхняя (III). В данной статье представлен анализ животных верхней страты (III) с максимальной продуктивностью: AA(n=20), AB (n=27), BB (n=10).

Анализировали следующие показатели за 305 дней первой лактации: удой (кг), массовая доля жира (%), массовая доля белка (%), выход молочного жира (кг), выход молочного белка (кг).

Интегральные и расчетные показатели включали в себя:

1) Соотношение жир/белок – отношение массовой доли жира к массовой доле белка в молоке за 305 дней лактации [4];

2) Суммарный выход жира и белка (кг) – сумма выхода молочного жира и выхода молочного белка за 305 дней лактации [8];

3) Удой, скорректированный по 4% жирности (FCM, Fat-Corrected Milk), – рассчитывался по формуле, общепринятой в международной практике оценки продуктивности:

$$FCM = 0,4 \times M + 15 \times F, \text{ где}$$

M – удой за 305 дней лактации, кг;

F – выход молочного жира за 305 дней лактации, кг.

4) Скорость молокоотдачи (кг/мин) – (ГОСТ 25966-83) отношение разового удоя за контрольную дойку к продолжительности доения (мин);

5) Общее время доения за лактацию (ч) – авторский расчетный показатель:

$$T_d = M/(V \times 60), \text{ где}$$

V – средняя скорость молокоотдачи, кг/мин.

6) Продуктивность доения за час (кг/ч) – авторский расчетный показатель:

$$P = M/T_d$$

Воспроизводительные и функциональные признаки включали в себя:

1. Сервис-период (дней) – определялся как количество дней от даты отела до даты последнего плодотворного осеменения [2, 8];

2. Среднесуточный удой (кг) – рассчитывался как отношение удоя за 305 дней лактации к 305 [6];

3. Коэффициент устойчивости лактации (%) рассчитывался как отношение удоя за вторые 100 дней лактации к удою за первые 100 дней лактации, выраженное в процентах.

Первичные данные по продуктивности, воспроизводству и происхождению животных получены из базы автоматизированной системы управления стадом «Селэкс».

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программного обеспечения R Statistics v.4.3.1.

Результаты исследований и их обсуждение. При анализе данных, представленных в таблице 1, наблюдается тенденция к повышению удоя от генотипа AA (10839,5 кг) к генотипу AB (10999,7 кг), далее к генотипу BB (11026,9 кг). Различия по данному показателю между всеми парами генотипом статистически незначимы ($p > 0,05$), что свидетельствует о сопоставимом уровне реализации потенциала молочной продуктивности у животных всех трех генотипов в условиях отбора по максимальному выходу жира. Содержание жира в молоке закономерно увеличивается в ряду AA (4,11%) – AB (4,18%) – BB (4,22%). Различия не достигают уровня статистической значимости ($p > 0,05$), однако выявленная тенденция согласуется с направлением селекционного отбора. Единственное статистически значимое различие установлено между генотипами AA и BB по выходу молочного жира за 305 дней лактации – животные с генотипом BB достоверно превосходят животных с генотипом AA на 19,28 кг ($p \leq 0,05$).

Генотип AB занимает промежуточное положение, уступая BB на 5,28 кг при отсутствии статистической значимости. По массовой доле белка наибольшее значение отмечено у генотипа AB (3,45%), наименьшее – у генотипа BB (3,38%). Тот факт, что генотип BB, лидирующий по жирномолочности, характеризуется наименьшей белкомолочностью, может рассматриваться как возможное проявление метаболического компромисса, требующее дальнейшего изучения. Максимальный выход молочного белка за 305 дней лактации демонстрирует генотип AB (379,49 кг), минимальный – генотип AA. Все различия по белковым показателям статистически незначимы. Анализ коэффициентов вариации показывает, что генотип AB отличается большей изменчивостью по удою (9,4%), что может свидетельствовать о гетерогенности данной группы в условиях отбора в верхнюю страту, тогда как генотипы AA и BB характеризуются низкой вариабельностью (5,53% и 5,51% соответственно), указывая на их большую фенотипическую консолидированность по данному признаку.

Таблица 1
Table 1

Основные показатели продуктивности за 305 дней лактации коров-первотелок различных генотипов CSN3 в верхней страте
Main indicators of productivity for 305 days of lactation of first-calf heifers of various CSN3 genotypes in the upper strategy

Показатели	Генотип AA (n=20)		Генотип AB (n=27)		Генотип BB (n=10)		AA-AB	AA-BB	AB-BB
	M±m	Cv	M±m	Cv	M±m	Cv			
Удой, кг	10839,5±134,1	5,5 3	10999,7±199,1	9,4	11026,9±192,2	5,51	-160,2	-187,4	-27,2
Массовая доля жира, %	4,11±0,04	4,4	4,18±0,03	4,8 3	4,22±0,06	4,84	-0,07	-0,11	-0,04
Выход молочного жира, кг	445,49±4,91	4,9 2	458,68±6,81	7,7 1	464,77±7,16	4,87	-13,19	-19,28*	-6,09
Массовая доля белка, %	3,4±0,02	2,9 6	3,45±0,02	4,4 6	3,38±0,03	3,18	-0,05	0,02	0,07
Выход молочного белка, кг	368,59±4,36	5,2 9	378,75±4,78	6,5 6	373,53±7,02	5,94	-10,16	-4,94	5,22

Таблица 2
Table 2

Интегральные показатели молочной продуктивности различных генотипов CSN3 в верхней страте
Integral indicators of milk productivity of different CSN3 genotypes in the upper stratum

Показатели	Генотип AA	Генотип AB	Генотип BB	AA-AB	AA-BB	AB-BB
Соотношение жир/белок	1,209	1,212	1,249	-0,003	-0,040	-0,037
Суммарный выход жира и белка за 305 дней, кг	814,08	837,43	838,30	-23,35	-24,22	-0,87
Удой, скорректированный по 4% жирности (FCM), кг	10807,8	11059,8	11238,6	-252,0	-430,8	-178,8

Таблица 3
Table 3

Функциональные и технологические показатели коров-первотелок различных генотипов CSN3 в верхней страте
Functional and technological indicators of first-calf cows of various CSN3 genotypes in the upper strategy

Показатели	Генотип AA (n=20)		Генотип AB (n=27)		Генотип BB (n=10)		AA-AB	AA-BB	AB-BB
	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %			
Скорость молокоотдачи, кг/мин	2,23±0,03	7,67	2,33±0,03	6,84	2,29±0,03	4,31	-0,10	-0,06	0,04
Суточный удой, кг	36,4±0,91	11,25	39,0±0,92	12,31	38,9±1,12	9,18	-2,6	-2,5	0,1
Сервис-период, дней	135,45±16,72	55,2	113,77±7,82	35,7	101,6±11,17	34,78	21,68	33,85	12,17
Коэффициент устойчивости лактации, %	110,25±2,66	10,8	111,74±2,21	10,29	110,8±3,84	10,96	-1,49	-0,55	0,94
Расчетные показатели									
Общее время доения за лактацию, ч	81,01		78,68		80,25		2,33	0,76	-1,57
Продуктивность за час доения, кг/ч	133,8		139,8		137,4		-6	-3,6	2,4

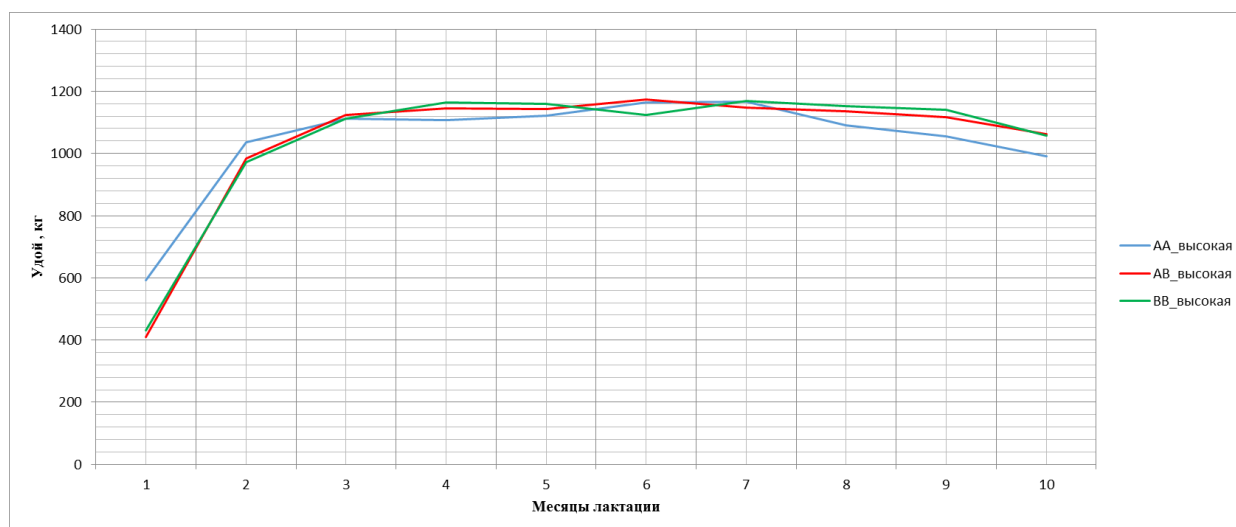


Рисунок 1. Лактационные кривые различных генотипов CSN3 в верхней страте
Figure 1. Lactation curves of different CSN3 genotypes in the upper stratum

При анализе данных, представленных в таблице 2, отмечено, что соотношение жир/белок оказалось наименьшим у генотипа AA (1,209), промежуточным у АВ (1,212) и наибольшим у ВВ (1,249). Повышенное значение данного показателя у генотипа ВВ может свидетельствовать о смещении метаболического профиля в сторону липогенеза и указывать на более высокую физиологическую нагрузку, связанную с мобилизацией эндогенных жировых резервов в период раздоя. Суммарный выход жира и белка, имеющий непосредственное экономическое значение, оказался минимальным у генотипа AA (814,08 кг) и максимальным у генотипа ВВ (838,3 кг). Генотип АВ (837,43 кг) практически не уступает ВВ – разница составляет 0,87 кг, при этом существенно превосходит AA на 23,35 кг. Таким образом, генотипы АВ и ВВ в условиях максимальной реализации продуктивности обеспечивают сопоставимый и наиболее высокий уровень суммарного выхода компонентов молока.

Удой, скорректированный по 4% жирности (FCM), позволяет нивелировать различия в составе молока и привести продуктивность животных к единой энергетической основе. Расчет FCM усиливает преимущество генотипа ВВ – разница с генотипом AA возрастает до 430,8 кг, тогда как по фактическому удою она составлять 187,4 кг. Генотип АВ также демонстрирует существенное превосходство над AA (252,0 кг), уступая при этом ВВ на 178,8 кг. Полученные результаты подтверждают, что животные генотипа ВВ характеризуются более высокой энергетической продуктивностью, то есть производят большее количество энергии в составе молока за 305 дней лактации.

При анализе данных, представленных в таблице 3, отмечается наивысшая скорость молокоотдачи у генотипа АВ (2,23 кг/мин), которая превосходит генотип AA на 0,10 кг/мин и генотип ВВ на 0,04 кг/мин. При этом генотип АВ характеризуется не только максимальным, но и стабильным проявлением данного признака (коэффициент вариации = 6,84%). Генотип ВВ, несмотря на несколько более низкую среднюю скорость (2,29 кг/мин), отмечается минимальной вариабельностью (коэффициент вариации = 4,31%), что свидетельствует о высокой предсказуемости данного технологического свойства у животных с гомозиготным генотипом. Наименьшая скорость молокоотдачи и наибольшая вариабельность признака отмечены у генотипа AA (2,23 кг/мин, коэффициент вариации = 7,67%). Суточный удой закономерно коррелирует с удоем за 305 дней лактации – максимальные значения зафиксированы у генотипов АВ (39,0 кг) и ВВ (38,9 кг). Генотип AA существенно уступает (36,4), разница составляет 2,6 и 2,5 кг соответственно. По продолжительности сервис-периода выявлен четкий градиент в зависимости от генотипа – наибольшее значение отмечено у генотипа AA (135,45 дней), промежуточное – у АВ (113,77 дней), наименьшее – у ВВ (101,6 дней). Разница между AA и ВВ достигает 33,85 дня в пользу ВВ, между АВ и ВВ – 12,17 дня. Наименьшая продолжительность сервис-периода у генотипа ВВ может свидетельствовать о более эффективном восстановлении репродуктивной функции после первой лактации, однако следует учитывать, что данный эффект достигается на фоне выявленного возможного метаболического компромисса и требует дополнительного изучения в динамике нескольких лактаций. Обращает на себя внимание чрезвычайно высокая вариабельность сервис-периода у генотипа AA (коэффициент вариации = 55,2%), что указывает на крайнюю неоднородность данной группы по репродуктивным качествам даже в условиях отбора в верхнюю страту. Коэффициент устойчивости лактации у всех трех генотипов находится в узком диапазоне 110,25-111,74% при минимальных различиях между группами, что свидетельствует о высокой

и сопоставимой устойчивости лактационной деятельности у животных, отобранных в верхнюю страту, независимо от их генотипа по CSN3.

Расчетные показатели эффективности доения позволяют интегрировать валовой удой и скорость молокоотдачи для оценки суммарных трудозатрат и эффективности использования рабочего времени. Общее время доения за лактацию интегрирует валовой удой и скорость молокоотдачи, позволяя оценить суммарные трудозатраты на доение каждой коровы за 305 дней лактации. Минимальное общее время доения отмечено у генотипа АВ (78,69 ч), что на 2,31 ч меньше, чем у генотипа AA (81,00 ч), и на 1,56 ч меньше, чем у генотипа ВВ (80,25 ч). При этом важно подчеркнуть, что генотип АВ не является лидером по абсолютному удою – максимальный удой за лактацию зафиксирован у генотипа ВВ (11026,9 кг). Достигнутая экономия времени доения у генотипа АВ обеспечивается исключительно за счет наивысшей скорости молокоотдачи (2,33 кг/мин), которая компенсирует несколько более низкий, чем у ВВ, валовой удой и позволяет завершать процесс доения быстрее. Данный результат имеет непосредственное практическое значение, поскольку снижение времени доения при сохранении высокой продуктивности повышает пропускную способность доильной установки и сокращает затраты труда операторов. Продуктивность за час доения оказалась максимальной у генотипа АВ (139,8 кг/ч), что на 6,0 кг/ч выше, чем у AA, и на 2,4 кг/ч выше, чем у ВВ. Таким образом, генотип АВ демонстрирует наиболее высокую технологическую эффективность, обеспечивая максимальный выход продукции в единицу времени доения, несмотря на то, что по абсолютному удою уступает генотипу ВВ.

Анализ лактационных кривых, представленных на рисунке 1, выявил существенные генотип-специфические особенности протекания лактации у высокопродуктивных животных. Генотип AA характеризуется самым высоким стартовым удоем в первый месяц лактации (592,4 кг). Кривая имеет умеренно выраженный пик на 6-7 месяце (1166,1 кг) с последующим наиболее резким спадом продуктивности во второй половине лактации – к 10-му месяцу удой снижается на 15% относительно пикового значения. Такая динамика может указывать на интенсивную мобилизацию резервов в начале лактации и более быстрое истощение адаптационных возможностей организма. Генотип АВ демонстрирует наиболее плавный и стабильный тип лактации. Несмотря на низкий стартовый удой (410,0 кг), к 3-му месяцу животные этого генотипа выходят на уровень продуктивности, сопоставимый с другими группами. Пик лактации приходится на 6-й месяц и является наиболее высоким среди всех генотипов (1173,0 кг). Во второй половине лактации наблюдается наименее выраженный спад – к 10-му месяцу продуктивность снижается всего на 9,4%. Это может свидетельствовать о высокой устойчивости метаболизма и эффективном использовании питательных веществ в течение всей лактации, что согласуется с выявленным ранее сбалансированным профилем продуктивности у данного генотипа. Генотип ВВ отличается высокой скоростью роста продуктивности от 1-го ко 2-му месяцу (на 126,5%), достигая практически максимальных значений уже к 4-му месяцу (1163,9 кг). Кривая имеет «платообразный» характер с поддержанием продуктивности выше 1150 кг в течение пяти месяцев. Однако, несмотря на формально высокие показатели, данный тип лактации может рассматриваться как более напряженный, что коррелирует с выявленным метаболическим компромиссом в виде максимального соотношения жир/белок и тенденции к снижению белково-молочности.

Заключение. Проведенный комплексный анализ позволил установить, что в условиях максимальной реализации селекционного признака «выход молочного жира» животные различных генотипов CSN3 демонстрируют не только количественные различия по уровню продуктивности, но и качественно различные стратегии ее формирования. Генотип ВВ обеспечивает максимальную энергетическую продуктивность и наилучшие показатели воспроизводства, однако это сопровождается метаболическим компромиссом в виде повышенного соотношения жир/белок и тенденции к снижению белковомолочности, что может рассматриваться как гипотеза о наличии метаболического компромисса, требующая дальнейшей проверки. Генотип АВ характеризуется наиболее сбалансированным профилем, сочетая высокий выход жира с максимальным выходом белка и суммарным выходом компонентов, наилучшие технологические свойства и хорошие репродуктивные показатели. Генотип АА по большинству анализируемых признаков уступает двум другим генотипам, демонстрируя наименьшую эффективность использования времени доения и наибольшую вариабельность репродуктивных качеств. Полученные данные обосновывают целесообразность дифференцированного селекционного подхода к животным различных генотипов CSN3 и позволяют рекомен-

довать гетерозиготный генотип АВ в качестве предпочтительного для селекции на сбалансированную продуктивность и технологичность в стадах, ориентированных на производство высококачественного молока.

Практические рекомендации:

- при планировании подбора пар с целью повышения технологичности стада и улучшения состава молока отдавать предпочтение использованию быков-производителей, являющихся носителями аллели В (генотипы АВ и ВВ), для получения гетерозиготного потомства;

- в стадах, ориентированных на производство высококачественного молока для сыроделия, а также на повышение эффективности использования доильного оборудования, считать целесообразным закрепление быков с генотипом АВ, так как потомство с данным генотипом демонстрирует лучшую сбалансированность продуктивных и технологических признаков (максимальный выход белка, высокая скорость молокоотдачи, минимальные трудозатраты на доение);

- при ведении селекции на увеличение выхода молочного жира учитывать, что животные с генотипом ВВ, обеспечивая максимальную энергетическую продуктивность, требуют повышенного контроля за физиологическим состоянием (соотношение жир/белок, воспроизводительная функция) для профилактики метаболических нарушений.

Список источников

1. Афонина Д.А., Горелик О.В., Новицкая К.В. Влияние генотипа каппа-казеина на пищевую и биологическую ценность молока коров голштинской породы // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25. № 11. С. 1822-1829.
2. Сарычев В.А., Афанасьева А.И. Характеристика молочной продуктивности и технологических свойств молока коров черно-пестрой породы с разными аллельными вариантами гена каппа-казеина (CSN3) // Вестник КрасГАУ. 2024. № 5(206). С. 135-142.
3. Гатилова Е.В., Ефимова Л.В., Иванова О.В. Встречаемость генотипов каппа-казеина и их влияние на молочную продуктивность коров разных пород // Вестник АПК Ставрополя. 2020. № 4(40). С. 42-47.
4. Идентификация и анализ полиморфизма генов белкового обмена у коров голштинской породы / Ф.Ф. Зиннатова, Т.М. Ахметов, Н.Д. Чевтаева, М.А. Стафикопуло, Э.Р. Горева // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2024. Т. 10. № 1. С. 56-64.
5. Сарычев В.А. Влияние полиморфизма гена каппа-казеина на продуктивные показатели коров голштинской породы // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. 2024. № 2. С. 78-84.
6. Полиморфизм гена каппа-казеина в стадах крупного рогатого скота Республики Татарстан / С.В. Тюлькин, Т.М. Ахметов, Л.Р. Загидуллин, Е.Н. Рачкова, С.Ф. Шайдуллин, Х.Х. Гильманов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2016. Т. 226. № 1. С. 112-117.
7. Citek J., Brzakova M., Hanusova L., Hanus O., Vecerek L., Samkova E., Jozova E., Hostickova I., Travnicek J., Klotz M., Hasonova L. Somatic cell score: gene polymorphisms and other effects in Holstein and Simmental cows. *Animal Bioscience*, 2022, vol. 35, no. 1, pp. 13-21.
8. Kolenda M., Sitkowska B. The Polymorphism in Various Milk Protein Genes in Polish Holstein-Friesian Dairy Cattle. *Animals*, 2021, vol. 11, no. 2, pp. 389.
9. Ozdemir M., Motmain Z., Ekinici K., Saygılı E. Associations Between BLG, CSN3, DGAT1, GH, PIT1, and PRL Gene Polymorphisms and Milk Production Traits in Holstein Dairy Cows: A Meta-Analysis. *Biochemical Genetics*, 2025, vol. 63, no. 1, pp. 1-21.

References

1. Afonina D.A., Gorelik O.V., Novitskaya K.V. Influence of kappa-casein genotype on the nutritional and biological value of milk from Holstein cows. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2025, vol. 25, no. 11, pp. 1822-1829.
2. Sarychev V.A., Afanasyeva A.I. Characteristics of milk productivity and technological properties of milk from Black-and-White cows with different allelic variants of the kappa-casein gene (CSN3). *Bulletin of KrasSAU*, 2024, no. 5(206), pp. 135-142.
3. Gatilova E.V., Efimova L.V., Ivanova O.V. Occurrence of kappa-casein genotypes and their influence on milk productivity of cows of different breeds. *Bulletin of the AIC of Stavropol*, 2020, no. 4(40), pp. 42-47.
4. Zinnatov F.F., Akhmetov T.M., Chevtayeva N.D., Stafikopulo M. A., Goreva E. R. Identification and analysis of protein metabolism gene polymorphism in Holstein cows. *Bulletin of the Mari State University. Series "Agricultural Sciences. Economic Sciences"*, 2024, vol. 10, no. 1, pp. 56-64.
5. Sarychev V.A. Influence of kappa-casein gene polymorphism on productive indicators of Holstein cows. *Bulletin of Youth Science of the Altai State Agrarian University*, 2024, no. 2, pp. 78-84.
6. Tyulkin S.V., Akhmetov T.M., Zagidullin L.R., Rachkova E.N., Shaidullin S.F., Gilmanov Kh.Kh. Kappa-casein gene polymorphism in cattle herds of the Republic of Tatarstan. *Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*, 2016, vol. 226, no. 1, pp. 112-117.

7. Citek J., Brzakova M., Hanusova L., Hanus O., Vecerek L., Samkova E., Jozova E., Hostickova I., Travnicek J., Klotz M., Hasonova L. Somatic cell score: gene polymorphisms and other effects in Holstein and Simmental cows. *Animal Bioscience*, 2022, vol. 35, no. 1, pp. 13-21.
8. Kolenda M., Sitkowska B. The Polymorphism in Various Milk Protein Genes in Polish Holstein-Friesian Dairy Cattle. *Animals*, 2021, vol. 11, no. 2, pp. 389.
9. Ozdemir M., Motmain Z., Ekinci K., Saygılı E. Associations Between BLG, CSN3, DGAT1, GH, PIT1, and PRL Gene Polymorphisms and Milk Production Traits in Holstein Dairy Cows: A Meta-Analysis. *Biochemical Genetics*, 2025, vol. 63, no. 1, pp. 1-21.

Информация об авторах

В.В. Алтухова – аспирант, СПИН-код 1335-3062;

А.В. Востроиллов – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой частной зоотехнии, профессор, СПИН-код 5788-5946.

Information about the authors

V.V. Altukhova – Postgraduate student, SPIN code 1335-3062 (RSCI);

A.V. Vostroilov – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Special Animal Science, Professor, SPIN code 5788-5946.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the Authors: all the authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.03.2026; одобрена после рецензирования 19.03.2026; принята к публикации 15.06.2026.

The article was submitted 18.03.2026; approved after reviewing 19.03.2026; accepted for publication 15.06.2026.

