

На правах рукописи

ЧАИЦКИЙ АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ПРОДУКТИВНОСТЬ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОРОВ
КОСТРОМСКОЙ ПОРОДЫ РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ CSN2 И CSN3**

4.2.5 - разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Лесные Поляны, 2023г.

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия» Министерства сельского хозяйства.

Научный руководитель – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Баранова Надежда Сергеевна

Официальные оппоненты:

Некрасов Дмитрий Константинович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия» Министерства сельского хозяйства РФ, кафедра общей и частной зоотехнии, профессор кафедры.

Ильина Анна Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса» Министерства науки и высшего образования РФ.

Ведущая организация – Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева Министерства сельского хозяйства РФ.

Защита диссертации состоится «02» июня 2023 г. в 11-00 часов на заседании диссертационного совета 35.1.001.01, созданного на базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, 141212, Московская область, г. Пушкино, пос. Лесные Поляны, ул. Ленина, д. 13.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела по адресу: 141212, Московская область, г. Пушкино, пос. Лесные Поляны, ул. Ленина, д. 13 и на сайте <http://www.vniiplem.com>.

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Ученый секретарь диссертационного совета 35.1.001.01
доктор сельскохозяйственных наук

Тяпугин Сергей Евгеньевич

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. В настоящее время одной из основных задач, стоящих перед отечественным животноводством, является обеспечение продовольственной безопасности населения. Для этого необходимо повышение эффективности производства, которая напрямую зависит от генетического потенциала крупного рогатого скота наиболее ценных отечественных пород и совершенствования их племенных и продуктивных качеств. При этом необходимо ориентироваться не только на увеличение объемов производимого молока, но и повышение его качества (Барышев А.А., 2004; Белокуров С.Г., 2018; Королев А.А., 2021).

Крупный рогатый скот костромской породы обладает уникальным генофондом, устойчивостью ко многим заболеваниям, а также высоким качеством молочной продукции, что делает молоко этих коров ценным сырьем для производства высококачественных сыров. Животные этой породы обладают высоким генетическим потенциалом, однако перед селекционерами стоит вопрос о более полном его раскрытии. С этой целью в селекционной работе наиболее эффективным является использование ДНК-маркеров молочной продуктивности наряду с традиционными методами, а также применением коэффициентов, определяющих уровень биологической эффективности животных разных генотипов. Это позволит повысить качество отбора и подбора коров, сохранить ценный генофонд популяций, в полной мере раскрыть потенциал породы, а также увеличить объем производимой продукции и повысить ее качество (Сулимова Г.Е., 2011, 2014; Тяпугин С.Е., 2022, Калашникова Л.А., 2022).

Степень разработанности темы. По данным научной литературы установлено, что учеными проводились исследования генетических маркеров в селекционной работе с крупным рогатым скотом костромской породы (Сулимова Г.Е., Перчун А.В., Сабетова К.Д., Щеголев П.О., Подречнева И.Ю. и др.), однако отсутствуют данные комплексного анализа продуктивности и биологической эффективности коров с разными генотипами генов бета-казеина (CSN2, β -CN) и каппа-казеина (CSN3, κ -CN) с учетом различных факторов.

Цель и задачи исследований.

Цель исследования – Оценка молочной продуктивности и биологической эффективности коров костромской породы с разными генотипами β -CN и κ -CN.

Задачи исследования:

- проанализировать частоту встречаемости аллелей и генотипов генов β -CN и κ -CN у коров костромской породы;
- изучить молочную продуктивность коров с разными генотипами генов β -CN и κ -CN;
- изучить биологическую эффективность и эффективность использования корма у коров с разными генотипами β -CN, κ -CN;
- изучить влияние доли крови по улучшающей породе, живой массы и возраста первого плодотворного осеменения, продолжительности сервис-периода на молочную продуктивность и биологическую эффективность коров разных генотипов генов β -CN и κ -CN;
- изучить показатели воспроизводительной способности коров с разными генотипами β -CN и κ -CN при разном уровне удоя;
- рассчитать экономическую эффективность использования коров с разными генотипами β -CN и κ -CN;

Научная новизна. Впервые генотипирование крупного рогатого скота костромской породы проведено методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) с автоматической интерпретацией результатов. Проведена комплексная оценка продуктивности, биологической эффективности и эффективности использования корма костромской породы коров с разными генотипами генов β -CN и κ -CN с учетом доли кровности по улучшающей породе, продолжительности сервис-периода, живой массы и возраста при первом плодотворном осеменении.

Теоретическая и практическая значимость работы. Проведенные исследования позволили получить данные о достоверном влиянии генотипов β -CN и κ -CN на молочную продуктивность и биологическую эффективность коров костромской породы. Установлено достоверное влияние доли кровности по улучшающей породе, живой массы и возраста первого плодотворного

осеменения, продолжительности сервис-периода на показатели молочной продуктивности и биологической эффективности коров с разными генотипами β -CN и κ -CN. Определена целесообразность использования коров костромской породы, имеющих в своем геноме аллели β -CN^{A2} и κ -CN^B, для повышения их биологической эффективности. Полученные результаты могут быть применены при составлении программ селекционно-племенной работы с костромской породой в целях ее сохранения или совершенствования, а также в образовательном процессе по направлениям подготовки 36.03.02 Зоотехния, 36.04.02 Зоотехния (уровень магистратуры), по специальностям 4.2.4 Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства и 4.2.5 Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных.

Методология и методы исследований. В ходе работы проведены генетические исследования крупного рогатого скота костромской породы для определения SNP-полиморфизма β -CN и κ -CN. Изучены показатели молочной продуктивности, биологической эффективности и эффективности использования корма коров разных генотипов β -CN и κ -CN с учетом доли крови по улучшающей породе, живой массы и возраста первого плодотворного осеменения и продолжительности сервис-периода. При выполнении работы использованы общенаучные (анализ, синтез, индукция, дедукция, конкретизация, системный анализ), зоотехнические (поисковые исследования, научно-хозяйственный эксперимент) и молекулярно-генетические методы исследования (ПЦР-РВ) с применением современных компьютерных программ Microsoft Excel 2016, ИАС «СЕЛЭКС».

Основные положения, выносимые на защиту:

- частота встречаемости аллелей и генотипов генов β -CN и κ -CN у коров костромской породы;
- влияние генотипов β -CN и κ -CN на молочную продуктивность и биологическую эффективность коров костромской породы;
- влияние доли крови по улучшающей породе, живой массы и возраста при первом плодотворном осеменении и продолжительности сервис-периода на молочную продуктивность и биологическую эффективность костромской породы коров с разными генотипами β -CN и κ -CN;
- воспроизводительные качества коров костромской породы с разными генотипами генов β -CN и κ -CN при разном уровне удоя;
- экономическая эффективность использования коров костромской породы с разными генотипами β -CN и κ -CN.

Степень достоверности и апробация результатов исследований. Степень достоверности подтверждается результатами биометрической обработки данных. Результаты научных исследований были представлены на: 71-ой научно-практической конференции в ФГБОУ ВО Костромская ГСХА «Актуальные проблемы науки в АПК» (г. Кострома, 2020); II этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России Центрального федерального округа в номинации «Сельскохозяйственные науки» (г. Курск, 2020); XII международной студенческой конференции «студенческий научный форум 2020» (г. Москва, 2020); VI Международной студенческой научной конференции «Междисциплинарный научный форум» (г. Москва, 2020); 72-ой научно-практической конференции Костромской ГСХА «Актуальные проблемы науки в АПК» (г. Кострома, 2021); V Международной студенческой научной конференции «Междисциплинарный научный форум» (г. Москва, 2021); II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь. Наука. Инновации» (г. Ярославль, 2021); круглом столе областного форума научной молодежи «Шаг в будущее» (г. Кострома, 2021); III этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (г. Саратов, 2021); 73-й Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием «Стратегические направления развития агропромышленного комплекса» (г. Кострома, 2022); II этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России Центрального федерального округа (г. Иваново, 2022); III этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу

среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в номинации «Зоотехния» (г. Рязань, 2022).

Публикации. Основные научные результаты, включенные в диссертацию, опубликованы в 18 печатных работах, в том числе 3 из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ.

Личный вклад соискателя. Диссертационная работа представляет собой результат исследований автора за период с 2019 по 2022 гг. Автором самостоятельно поставлена цель и определены задачи исследования, составлена схема и отработаны методики эксперимента. Научные исследования, описанные в работе (взятие проб крови, выделение ДНК, генотипирование по генам β -CN и κ -CN, отбор проб молока, анализ качественного состава молока), выполнены соискателем самостоятельно. Автором были проведены: статистическая обработка полученных результатов, анализ и обобщение фактического материала. По материалам исследований подготовлены публикации и выступления на конференциях различного уровня, написана диссертационная работа и составлен автореферат.

Соответствие работы паспорту научной специальности. Работа соответствует паспорту научной специальности 4.2.5 - разведение, селекция, генетика и биотехнология животных.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 148 страницах компьютерного текста и содержит введение, обзор литературы, материалы и методы исследований, результаты собственных исследований, обсуждение полученных результатов, заключение, практические предложения, список использованной литературы, приложения. Работа иллюстрирована 30 таблицами и 5 рисунками. Список литературы содержит 193 источника, из которых 148 работ отечественных и 45 иностранных авторов.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1 Материалы и методы исследований

Работа выполнена на кафедре частной зоотехнии, разведения и генетики ФГБОУ ВО Костромской ГСХА. Экспериментальная часть исследований проводилась в период с 2019 по 2022 гг. в условиях племенных заводов по разведению крупного рогатого скота костромской породы СПК колхоз «Родина» и СПК «Гридино» Костромской области. Общая схема исследований представлена на рисунке 1.

Объектом исследования были 115 коров костромской породы, в том числе 57 животных стада СПК колхоз «Родина» и 58 – СПК «Гридино». При этом количество животных, исследованных по гену β -CN, составило 45 голов в СПК колхоз «Родина» и 43 головы – в СПК «Гридино», а по гену κ -CN – 12 и 15 голов, соответственно. Исследованные животные были распределены на группы в соответствии с генотипами по генам β -CN и κ -CN, а также с учетом доли кровности по улучшающей швицкой породе, возраста и живой массы первого плодотворного осеменения, продолжительности сервис-периода, возраста животных. Для оценки воспроизводительных качеств коров с различными аллельными вариантами изучаемых маркерных генов животные были разделены на группы с учетом уровня продуктивности.



Рисунок 1 – Схема исследований

Для проведения исследований проводили отбор проб крови. Изучение однонуклеотидных полиморфизмов генов β -CN и κ -CN проводили на базе лаборатории генетики и ДНК технологий Регионального информационно-селекционного центра ФГБОУ ВО Костромской ГСХА и лаборатории ФГБУ «ГНЦ Институт иммунологии» ФМБА России. Образцы ДНК из биоматериала получали с помощью набора «DNeasyBlood&TissueKit» («Qiagen», Германия).

Генотипирование однонуклеотидного полиморфизма rs4370301 (β -CN) проводили методом ПЦР в реальном времени с использованием амплификатора «DTlite» (ООО «НПО ДНК-технология»). Для улучшения чувствительности метода ПЦР-РВ при генотипировании полиморфизма rs43703017 (κ -CN) применяли технологию HRM (High Resolution Melting), используя амплификатор «DTprime» (ООО «НПО ДНК-технология»). Синтез олигонуклеотидов и контрольных плазмид осуществлен на базе ООО «Евроген» (Россия). В состав смеси для постановки ПЦР (из расчета на 1 образец ДНК) входило 5 мкл образца ДНК, 20 мкл ПЦР-смеси, 10 мкл раствора полимеразы (0,5 мкл TAQ-АТ полимеразы и 9,5 мкл ПЦР-буфера) и 1 капля минерального масла. В состав ПЦР-смеси входили ПЦР-буфер, дезоксинуклеозидтрифосфат (dNTP), интеркалирующий краситель, праймеры.

Для оценки хозяйственно-полезных признаков животных использовали данные племенного и зоотехнического учета. Молочную продуктивность коров оценивали по данным контрольных доек. Отбор проб молока для анализа качественных показателей проводили в промаркированные чистые герметичные контейнеры с консервантом. Качество молока определяли методом инфракрасной спектроскопии на приборе «Bentley FTS DairySpec FT» (США) в лаборатории селекционного контроля качества молока Регионального информационно-селекционного центра ФГБОУ ВО Костромской ГСХА.

Биологическую эффективность коров (БЭК) определяли по формуле (1) В.Н. Лазаренко (1999), а коэффициент биологической полноценности (КБП) по формуле (2) О.В.Горелика (1999):

$$\text{БЭК} = \frac{Y \cdot C}{Ж} \quad (1); \quad \text{КБП} = \frac{Y \cdot \text{СОМО}}{Ж} \quad (2)$$

где Y – удой за 305 дней лактации, кг; C – содержание сухого вещества в молоке, %; СОМО – содержание сухого обезжиренного молочного остатка, %; Ж – живая масса коров, кг,

Для определения содержания сухого вещества в корме проводили анализ общей питательности рационов на предприятиях. Кормовой коэффициент (FCR) и валовую эффективность использования кормов (GFE) определяли по формулам 3 и 4 (Zamani P., 2012):

$$\text{FCR} = \frac{\text{DMI}}{\text{MY}} \quad (3); \quad \text{GFE} = \frac{\text{MY}}{\text{DMI}} \quad (4),$$

где DMI – количество полученного сухого вещества с кормом, кг; MY – удой коров, кг.

Продуктивные качества первотелок изучали на основании данных племенного и зоотехнического учета (карточка племенной коровы – форма 2 мол).

Коэффициент воспроизводительной способности (КВС) рассчитывали по формуле (5) Н.М. Крамаренко (1974):

$$\text{КВС} = \frac{365}{\text{МОП}} \quad (5),$$

где 365 – календарный год; МОП – межотельный период.

Индекс плодовитости рассчитывали по формуле (6) Я. Дохи (1961):

$$T = 100 - (K + 2 \cdot i) \quad (6),$$

где T – индекс плодовитости; K – возраст коровы при первом отеле, месяцев; i – интервал между отелями, месяцев.

Индекс воспроизводительной способности (ИВС) рассчитывали по формуле 7 (Костомахин Н.М., 2006):

$$\text{ИВС} = \frac{\text{числоотелов}}{\text{возрасткоровывгодах} - 2} \quad (7),$$

Экономическую эффективность использования коров с разными генотипами β -CN и κ -CN определяли согласно «Методическим рекомендациям по определению экономической эффективности от внедрения результатов научно-исследовательских работ в животноводстве» (2003 г.) с учетом базисной общероссийской нормы массовой доли белка и жира.

Частоту встречаемости генотипов рассчитывали по формуле:

$$p = \frac{n}{N} \quad (10),$$

где p – частота генотипа; n – количество особей, имеющих определенный генотип, N – общее число особей.

Частоту встречаемости аллелей рассчитывали по формулам:

$$p = \frac{2n_{AA} + n_{AB}}{2N} \quad \text{и} \quad q = \frac{2n_{BB} + n_{AB}}{2N} \quad (11),$$

где p – частота аллеля A, q – частота аллеля B, n_{AA} , n_{AB} , n_{BB} – число особей с генотипом AA, AB и BB соответственно, N – общее число особей.

Результаты исследований подвергли статистической обработке на основе общепринятых статистических методов (Плохинский Н.А, 1969; Меркурьева Е.К., 1970) с использованием программных возможностей MicrosoftOfficeExcel 2019. Долю влияния различных факторов и генотипов по маркерным генам на показатели продуктивности рассчитывали посредством однофакторного дисперсионного анализа (Плохинский Н.А., 1969). Достоверность полученных результатов оценивали с использованием критерия Стьюдента.

2.2 Результаты собственных исследований

2.2.1 Краткая характеристика предприятий

СПК «Гридино» и СПК колхоз «Родина» Красносельского района Костромской области являются племенными заводами по разведению крупного рогатого скота костромской породы. Основными видами деятельности предприятий является выращивание молочного крупного рогатого скота и производство сырого молока. По данным бонитировки за 2021 г. в СПК «Гридино» и СПК колхоз «Родина» содержатся 589 и 745 голов крупного рогатого скота костромской породы, в том числе коров – 425 и 450 голов, соответственно. Средний годовой удой на корову в СПК «Гридино» и СПК колхоз «Родина» составил 6035 кг и 6289 кг, средняя жирность молока – 4,63% и 4,02%, содержание белка – 3,29% и 3,24% соответственно. Система содержания крупного рогатого скота – круглогодовая стойловая, безвыгульная, способ содержания – привязный. Анализ рациона коров показал, что количество сухого вещества в корме, от содержания которого в большей степени зависит объем производимой продукции, составляет из расчета на одну дойную корову в стаде СПК «Гридино» в среднем за сутки 17,40 кг, а в СПК колхоз «Родина» – 14,20 кг, что соответствует нормам. Однако выявлено отклонение соотношения питательных веществ (недостаток сырой клетчатки, сахара на фоне избытка сырого протеина и сырого жира) и дисбаланс минеральных и витаминных компонентов (недостаток фосфора, калия при избытке кальция, железа, меди, а также недостаток витамина Е при избытке каротина) в рационах от рекомендуемых норм (Костомахин Н.М., 2006).

2.2.2 Частота встречаемости генотипов β -CN и κ -CN у коров костромской породы

В ходе исследований в СПК «Гридино» желательный генотип β -CN^{A2A2} идентифицирован у 60,00% исследуемого поголовья, а β -CN^{A1A2} – у 40,00% (рисунок 2). Носителей генотипа β -CN^{A1A1} в исследуемой выборке не выявлено. В то же время в СПК Родина генотип β -CN^{A2A2} обнаружен у 51,00% изучаемых особей, β -CN^{A1A2} – у 40,00%, а β -CN^{A1A1} – у 9,00%. В СПК «Гридино» аллель β -CN^{A2} обнаружили в геноме 80,00% животных, а мутантный β -CN^{A1} – у 20% (рисунок 3). Желательный аллель β -CN^{A2} в СПК колхоз «Родина» отмечали у 71,00% исследуемых особей, а β -CN^{A1} – у 29%.

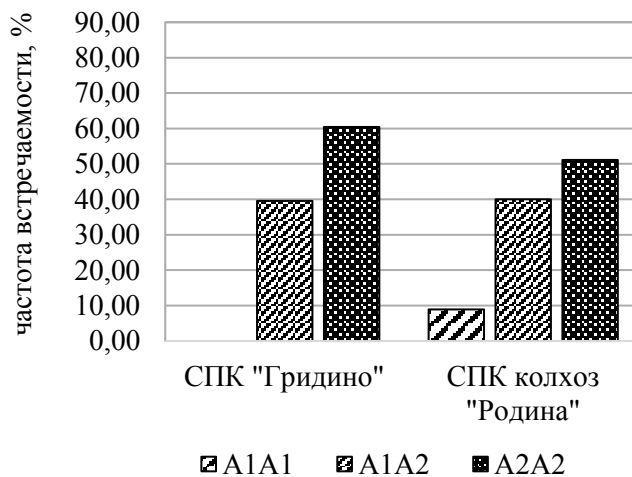


Рисунок 2 – Частота встречаемости генотипов гена β -CN

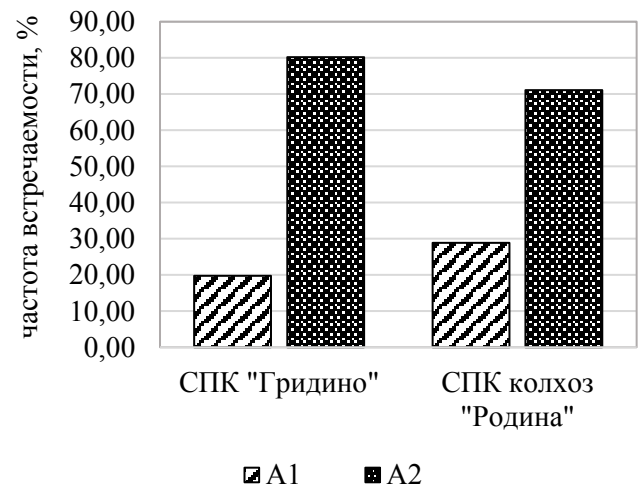


Рисунок 3 – Частота встречаемости аллелей гена β -CN

Анализ частоты встречаемости генотипов гена κ -CN показал, что в СПК «Гридино» генотип κ -CN^{BB} распространен среди 54,00% исследуемых особей, а κ -CN^{AB} и κ -CN^{AA} – среди 23,00% (рисунок 4). В СПК «Родина» носители генотипа κ -CN^{BB} составляли 38,00% изучаемой выборки, в то время как κ -CN^{AB} и κ -CN^{AA} – 31,00%. При этом в СПК «Гридино» ценный аллель κ -CN^B был зафиксирован у 53,00% коров, а аллель κ -CN^A – у 47% (рисунок 5). В то время как в СПК колхоз «Родина» данные аллели были идентифицированы у 65,00% и 35,00% исследуемого поголовья соответственно.

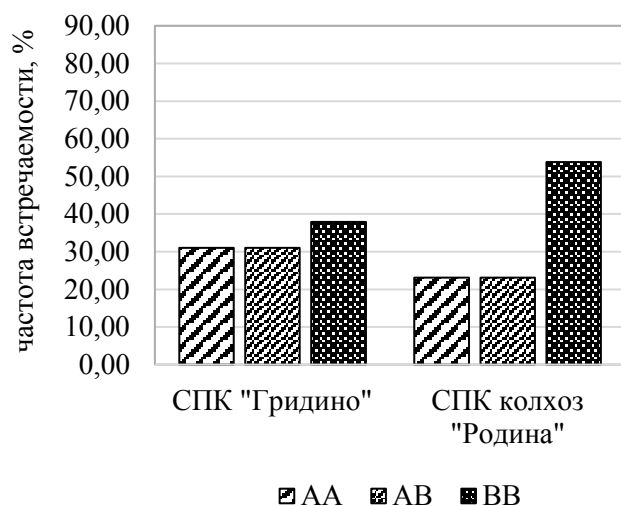


Рисунок 4 – Частота встречаемости генотипов гена κ -CN

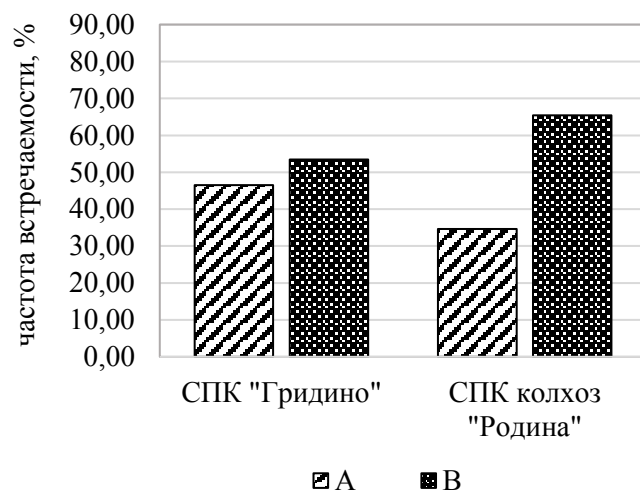


Рисунок 5 – Частота встречаемости аллелей гена κ -CN

Таким образом, в изучаемой выборке коров костромской породы наибольшей частотой встречаемости характеризуются желательные генотипы β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB}, а также аллели β -CN^{A2} и κ -CN^B.

2.2.3 Молочная продуктивность и биологическая эффективность коров костромской породы

2.2.3.1 Молочная продуктивность коров с разными генотипами β -CN и κ -CN

В результате исследований было установлено, что высокое содержание сухого вещества (СВ) в молоке коров на 20,00% обусловлено генотипом β -CN^{A2A2} ($P < 0,05$). Также отмечается тенденция к увеличению удоя коров с данным генотипом в СПК колхоз «Родина» (на 8,60% больше, чем у β -CN^{A1A1}) (таблица 1).

Таблица 1 – Молочная продуктивность и качественный состав молока коров с разными генотипами β -CN

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	A1A1	A1A2	A2A2	A1A1	A1A2	A2A2
n	4	18	23	-	17	26
Удой, кг	5332,00 ±155,00	5516,00 ±152,00	5834,00 ±119,00 ^{1*}	-	5702,00 ±138,00	6104,00 ±140,00 ^{2*}
МДЖ, %	3,96±0,04	3,95±0,03	3,98±0,06	-	4,52±0,04	4,53±0,04
МДБ, %	3,23±0,02	3,22±0,01	3,21±0,01	-	3,33±0,02	3,31±0,02
СОМО, %	7,58±0,12	7,82±0,15	8,28±0,16 ^{1*}	-	7,58±0,42	7,51±0,19
СВ, %	11,20±0,14	11,44±0,12	12,13±0,18 ^{1*}	-	11,15±0,34	11,18±0,21

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1- A2A2 с A1A1; 2 -, A2A2 с A1A2 (* – $P < 0,05$).

Коровы-носители β -CN^{A2A2} в СПК колхоз «Родина» (см. таблица 1) превосходили особей β -CN^{A1A1} по содержанию СОМО и сухого вещества в молоке на 9,23% и 8,30%, соответственно ($P < 0,05$). В СПК «Гридино» у носителей β -CN^{A2A2} отмечаются наиболее высокие удои – 7,05% превышающие гетерозиготных сверстниц β -CN^{A1A2} ($P < 0,05$).

Анализ показателей продуктивности у животных с разными генотипами по гену κ -CN показал, что объем молочной продуктивности коров изучаемой выборки на 28,00% определяется генотипом κ -CN, а содержание жира в молоке – на 33,00% ($P < 0,05$) (таблица 2).

Таблица 2 – Молочная продуктивность и качественный состав молока коров с разными генотипами к-CN

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	AA	AB	BB	AA	AB	BB
n	9	9	21	9	9	11
Удой, кг	5236,00 ±145,00	5558,00 ±132,00 ^{2*}	5931,00 ±123,00 ^{1*}	5332,00 ±255,00	6141,00 ±186,00	6331,00 ±189,00 ^{1*}
МДЖ, %	3,94±0,08	3,98±0,07	3,96±0,07	3,96±0,04	4,30±0,10	4,55±0,10 ^{1*}
МДБ, %	3,19±0,06	3,18±0,03	3,22±0,06	3,23±0,05	3,28±0,05	3,32±0,05
СОМО, %	7,54±0,23	6,80±0,08 ^{2*}	8,29±0,19 ^{1*}	7,58±0,21	5,91±0,34	6,96±0,23 ^{2*}
СВ, %	11,32±0,15	10,78±0,08 ^{2*}	12,02±0,25 ^{1*}	11,20±0,54	10,21±0,37	10,73±0,40

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 - BB с AA; 2 - BB с AB (* – P<0,05).

В стаде СПК колхоз «Родина» (см. таблица 2) удой особей с генотипом к-CN^{BB} был на 11,72% больше, чем у к-CN^{AA} и на 6,29% чем у к-CN^{AB} (P<0,05). При этом в молоке носителей к-CN^{BB} по сравнению с к-CN^{AA} наблюдается более высокое содержание СОМО и СВ – на 9,94% и 6,18% соответственно (P<0,05). Коровы-носители генотипа к-CN^{BB} стада СПК «Гридино» превосходили животных к-CN^{AA} по удою на 15,78%, а по содержанию жира – на 14,89%, но уступали по СОМО на 8,90% (P<0,05).

При анализе молочной продуктивности в разрезе лактаций было установлено, что у носителей генотипов β-CN^{A1A2}, β-CN^{A2A2}, к-CN^{BB} с возрастом не происходит снижение продуктивности, а в некоторых случаях наоборот, наблюдается ее увеличение. Так, в стаде СПК колхоз «Родина» удой полновозрастных особей β-CN^{A1A2} был на 18,19% больше, по сравнению с первотелками, у коров β-CN^{A2A2} – на 14,70% (P<0,01), а у к-CN^{BB} – на 8,88% (P<0,05). В то же время регистрируется тенденция к увеличению показателей БЭК, КБП, FCR и GFE с возрастом у носителей желательного генотипа β-CN^{A2A2}, а у представителей других генотипов показатели снижались.

В стаде СПК «Гридино» удой полновозрастных коров с генотипом β-CN^{A2A2} был на 13,85% выше, чем у первотелок (P<0,05) при содержании жира в молоке – 4,56±0,04%. Также особи β-CN^{A2A2} превосходили сверстниц β-CN^{A1A2} по БЭК на 15,91%, а по FCR – на 13,00% (P<0,05). У коров с желательным генотипом к-CN^{BB} к третьей и старшим лактациям увеличилось содержание жира в молоке – до 4,60±0,06%, а содержание белка, СОМО и СВ были наиболее высокими относительно других генотипов и составляли – 3,32±0,03%, 7,19±0,25%, 11,17±0,28% соответственно. При этом особи к-CN^B имели наиболее высокие значения БЭК, КБП, FCR и GFE на протяжении всех лактаций.

Таким образом, генотип по генам β-CN и к-CN оказывает достоверно влияние на показатели молочной продуктивности. Носители желательного генотипа β-CN^{A2A2} отличались наиболее высокими удоями, в то время как в молоке особей с генотипом к-CN^{BB} обнаруживалось наиболее высокое содержание ценных компонентов молока (жир, белок, СОМО и СВ). При этом коровы-носители β-CN^{A2A2} и к-CN^{BB} характеризуются способностью сохранять высокие показатели продуктивности на протяжении всего срока хозяйственного использования.

2.2.3.2 Биологическая эффективность коров с разными генотипами β-CN и к-CN

Установлено, что в СПК колхоз «Родина» наибольшей эффективностью использования отличались особи с желательным генотипом β-CN^{A2A2}. Носители β-CN^{A2A2} превосходили особей β-CN^{A1A1} по БЭК на 20,13%, а сверстниц β-CN^{A1A2} – на 12,96% (P<0,05) (таблица 3).

В стаде СПК «Гридино» коров-носителей β-CN^{A1A1} не было выявлено, поэтому сравнить их показатели не предоставляется возможным. Однако, как видно из данных таблицы 3 у коров β-CN^{A2A2} наблюдалась тенденция к увеличению БЭК, КБП, FCR и GFE по сравнению особями β-CN^{A1A2}.

Таблица 3 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами гена β -CN

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	A1A1	A1A2	A2A2	A1A1	A1A2	A2A2
n	4	18	23	-	17	26
БЭК, %	112,49±7,03	119,66±3,30 ^{2*}	132,62±3,42 ^{1*}	-	125,03±5,65	134,76±4,02
КБП, %	76,35±7,63	81,75±2,50	90,37±2,71	-	84,88±5,30	90,64±3,05
FCR, кг	1,04±0,05	1,08±0,03	1,14±0,02	-	1,04±0,03	1,12±0,03
GFE, кг	0,97±0,05	0,94±0,03	0,88±0,02	-	0,97±0,02	0,91±0,02

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 - A1A1 с A2A2; 2 - A1A2 с A2A2 (* – $P < 0,05$).

При изучении показателей биологической эффективности коров с разными генотипами гена к-CN выявлено, что в стаде СПК колхоз «Родина» носители к-CN^{BB} превосходили особей к-CN^{AA} по БЭК на 22,16% ($P < 0,05$), КБП – на 17,92% ($P < 0,01$), а FCR – на 13,72% ($P < 0,05$) (таблица 4).

Таблица 4 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами гена к-CN

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	генотип			генотип		
	AA	AB	BB	AA	AB	BB
n	9	9	21	9	9	11
БЭК, %	111,85±3,54	112,43±3,12 ^{2*}	134,01±3,93 ^{1*}	117,76±4,33	121,09±4,67	133,63±6,92
КБП, %	74,55±3,15	70,93±2,21 ^{2**}	92,47±2,97 ^{1**}	73,69±3,33	70,05±4,17	87,08±5,92
FCR, кг	1,02±0,03	1,09±0,02	1,16±0,02 ^{1*}	0,95±0,04	1,06±0,03	1,16±0,04 ^{1**}
GFE, кг	0,99±0,03	0,92±0,02	0,87±0,02	1,06±0,04	0,94±0,02	0,87±0,03 ^{1*}

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 - AA с BB; 2 - AB с BB (* – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$).

Из данных таблицы 4 следует, что в СПК «Гридино» у особей к-CN^{BB} наблюдается тенденция к увеличению показателей БЭК и КБП, а по коэффициентам FCR и GFE эти животные достоверно превосходили коров к-CN^{AA} на 22,10% ($P < 0,01$) и 21,83% ($P < 0,05$) соответственно.

Установлено, что высокие показатели биологической эффективности коров с желательными генотипами β -CN^{A2A2} и к-CN^{BB} устойчивы к возрастным изменениям. Так, в СПК колхоз «Родина» коэффициенты БЭК, КБП и FCR особей β -CN^{A2A2} за третью лактацию были больше, чем у сверстниц β -CN^{A1A1} на 26,34%, 22,43% и 12,38% ($P < 0,05$). В то же время, у коров β -CN^{A2A2} к третьей лактации показатели данных коэффициентов увеличились соответственно на 2,33%, 1,61% и 14,56% ($P < 0,05$) относительно первой лактации. Благодаря большему содержанию ценных компонентов в молоке у коров-носителей к-CN^{BB} биологическая эффективность этих животных была достоверно выше, по сравнению с к-CN^{AA} на протяжении 1, 2 и 3 лактаций. Также выявлено, что у коров с генотипом к-CN^{BB} с возрастом FCR увеличился на 9,82%, а у к-CN^{AB} на 10,78%.

В СПК «Гридино» особи с генотипом β -CN^{A2A2} имели наиболее высокие показатели коэффициентов БЭК, КБП, FCR и GFE, достоверно превосходя животных β -CN^{A1A2} по БЭК на 15,91% и на 13,00% – по FCR за вторую лактацию ($P < 0,05$). При этом, достоверного снижения показателей с возрастом не было выявлено. В то же время носители к-CN^{BB} превосходили к-CN^{AA} по БЭК, КБП, FCR и GFE за первую лактацию на 31,50%, 91,16%, 30,58% и 31,11%, а за третью и старшие – 25,92%, 19,72%, 25,00% и 24,70% соответственно ($P < 0,05$). С возрастом показатели изменялись незначительно, в пределах статистической ошибки.

Таким образом, генотипы β -CN^{A2A2} и к-CN^{BB} определяют высокую биологическую эффективность коров костромской породы на протяжении всего периода их использования.

2.2.3.3 Биологическая эффективность коров разных генотипов β -CN и κ -CN при различной доле кровности по улучшающей породе

Костромская порода крупного рогатого обладает рядом преимуществ, которые отличают этих животных от представителей основных молочных пород. Молоко коров костромской породы обогато содержанием ценных компонентов, таких как жир и белок, что делает его идеальным сырьем для производства сыра. Для улучшения продуктивных качеств костромской породы используется родственная ей бурая швицкая импортной селекции. Однако смещение соотношения доли крови в сторону улучшающей породы может привести к потере ценных качеств, закрепленных исключительно в геноме костромской породы.

В ходе исследований было установлено, что высокое содержание жира (на 24%), сухого вещества (на 23%), СОМО (на 18%) в молоке коров с генотипами β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB} обусловлено долей кровности ниже 50% по улучшающей швицкой породе ($P < 0,05$). Так, в стаде СПК колхоз «Родина» коровы с генотипом β -CN^{A2A2} и кровностью 0-49% (I группа) превосходили сверстниц с долей крови 51% и более (III группа) по удою на 14,78%, по СОМО – на 17,72%, по СВ – на 10,071% ($P < 0,01$). Носители κ -CN^{BB} I группы имели превосходство над сверстницами III группы по удою на 12,18%, по СОМО – на 18,67% и СВ – на 9,18% ($P < 0,05$). Высокие показатели коэффициента КБП у носителей β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB} на 20% определялись долей кровности ниже 50% ($P < 0,05$). Соответственно повышение кровности свыше 50% приводило к снижению показателей реализации генетического потенциала особей β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB} (таблица 5, 6).

Таблица 5 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами β -CN с учетом доли крови по улучшающей породе

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	доля кровности			доля кровности		
	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)
Генотип	A1A1					
n	4	-	-	-	-	-
БЭК, %	106,83±4,91	-	-	-	-	-
КБП, %	67,53±3,46	-	-	-	-	-
FCR, кг	1,03±0,04	-	-	-	-	-
GFE, кг	0,98±0,04	-	-	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	12	3	3	11	3	4
БЭК, %	124,27±2,58 ^{3**}	115,39±8,80	114,95±9,59	128,34±7,72	115,66±3,84	116,43±10,24
КБП, %	87,10±2,25 ^{4*}	74,06±4,92	74,89±6,77	86,45±6,31	81,65±16,72	82,24±11,47
FCR, кг	1,12±0,02	1,08±0,11	1,04±0,07	1,00±0,04	0,96±0,01	0,91±0,02
GFE, кг	0,90±0,02	0,94±0,09	0,98±0,07	1,01±0,04	1,04±0,01	1,10±0,02
Генотип	A2A2					
n	17	3	3	19	3	4
БЭК, %	137,85±3,43 ^{3**}	128,18±9,19	110,69±2,96 ^{1*}	140,03±4,42 ^{3*}	127,71±13,24	125,62±7,60
КБП, %	94,86±2,50 ^{2*}	84,82±7,52	71,24±2,33 ^{1*}	93,57±3,23	86,57±3,51	86,66±7,98
FCR, кг	1,18±0,03 ^{2*}	1,14±0,04	1,03±0,02	1,13±0,02 ^{3*}	1,05±0,07	1,06±0,03
GFE, кг	0,86±0,02 ^{2*}	0,88±0,03	0,97±0,02	0,89±0,02 ^{3*}	0,96±0,07	0,95±0,03

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 - I и III групп; 2 – A1A1 и A2A2;

3 – A1A2 и A2A2 (* – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$).

Из данных таблицы 5 следует, что в СПК колхоз «Родина» коровы с генотипом β -CN^{A2A2} и кровностью 0-49% превосходили своих высококровных сверстниц (51% и более) по БЭК на 24,53% и по КБП – на 33,15% ($P < 0,05$).

Таблица 6 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами к-CN с учетом доли крови по улучшающей породе

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	доля кровности			доля кровности		
	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)	I (0-49%)	II (50%)	III (более 50%)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	120,89±5,89	107,91±4,25	106,73±6,00	119,69±1,67	112,46±6,08	110,17±4,77
КБП, %	85,33±3,19	69,92±1,73	68,40±4,26	79,08±8,62	66,92±6,44	64,67±2,68
FCR, кг	1,05±0,05	1,01±0,07	0,99±0,05	0,99±0,03	0,90±0,02	0,97±0,03
GFE, кг	0,95±0,04	1,00±0,06	1,01±0,05	1,01±0,04	1,11±0,03	1,04±0,03
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	117,75±1,39 ^{3*}	109,36±4,08 ^{3*}	110,18±8,78	123,98±12,20	122,60±8,35	111,96±4,65
КБП, %	74,70±1,28 ^{3*}	68,90±3,15 ^{3*}	69,41±5,99	74,11±10,44	67,50±7,65	65,75±4,80
FCR, кг	1,12±0,01	1,07±0,04	1,07±0,06	1,01±0,03	1,16±0,08	0,98±0,01
GFE, кг	0,89±0,01	0,93±0,04	0,94±0,06	0,99±0,03	0,87±0,06	1,02±0,01
Генотип	BB					
n	15	3	3	3	5	3
БЭК, %	138,89±4,58 ^{2*}	128,68±8,81 ^{2*}	114,98±4,05 ^{1*}	134,29±6,34 ^{2*}	136,76±18,78	111,92±6,80
КБП, %	97,23±2,80 ^{2*}	84,70±7,35 ^{2*}	74,08±3,16 ^{1*}	85,38±3,84	88,71±15,29	76,29±12,76
FCR, кг	1,21±0,03 ^{2*}	1,13±0,04 ^{2*}	1,06±0,01 ^{1*}	1,13±0,04 ^{2*}	1,10±0,05 ^{2*}	1,10±0,07
GFE, кг	0,83±0,02	0,88±0,03	0,94±0,02	0,89±0,03	0,91±0,04	0,92±0,05

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 - I и III групп; 2 – AA и BB;

3 – AB и BB (* – $P < 0,05$).

Показатели БЭК, КБП и FCR (см. таблица 6) среди носителей к-CN^{BB} с кровностью 0-49% были больше, чем у высококровных животных на 20,79%, 31,25% и 14,15% соответственно ($P < 0,05$).

Таким образом, коровы с генотипами β -CN^{A2A2} и к-CN^{BB} характеризуются высокой биологической эффективностью при низкой степени кровности (до 49%).

2.2.3.4 Биологическая эффективность коров разных генотипов β -CN и к-CN при различной живой массе первого плодотворного осеменения

Оптимальная масса коров костромской породы при первом осеменении должна составлять 75% от массы взрослого животного или 400-420 кг. Однако на практике наблюдаются отклонения, как в большую, так и в меньшую сторону, что в свою очередь может оказывать влияние на молочную продуктивность и биологическую эффективность коров с разными генотипами по гену β - и к-CN.

Выявлено, что у коров с генотипами генов β -CN^{A2A2} и к-CN^{BB} высокой молочной продуктивностью отличались особи, осемененные при живой массе 400-420 кг (II группа). В СПК колхоз «Родина» среди носителей ценного генотипа β -CN^{A2A2} животные II группы превосходили сверстниц с живой массой первого осеменения 340-399 кг (I группа) по МДЖ на 1,25%, СОМО – на 8,11%, СВ – на 3,88%, а III группу коров (масса первого осеменения более 420 кг) по МДЖ на 1,25%, СОМО – на 6,51% и СВ – на 1,56% ($P > 0,05$). У коров с генотипом к-CN^{BB} II группы содержание жира в молоке было больше, чем у III группы на 1,50%, а СВ – на 8,47% ($P > 0,05$). В то же время носители желательных генотипов β -CN^{A2A2} и к-CN^{BB} II группы характеризуются высокой биологической эффективностью (таблица 7, 8).

Таблица 7 – Биологическая эффективность коров разных генотипов β -CN с учетом живой массы при первом плодотворном осеменении

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы			группы		
	I (340-399 кг)	II (400-420 кг)	III (более 420 кг)	I (340-399 кг)	II (400-420 кг)	III (более 420 кг)
Генотип	A1A1					
n	3	-	3	-	-	-
БЭК, %	106,56±11,13	-	107,16±8,04	-	-	-
КБП, %	74,82±14,65	-	73,76±12,45	-	-	-
FCR, кг	0,97±0,06	-	1,05±0,06	-	-	-
GFE, кг	1,04±0,06	-	0,95±0,05	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	3	9	6	6	5	6
БЭК, %	119,15±3,06	119,40±4,57	123,20±5,18	118,23±9,45	119,47±5,78	126,70±8,38
КБП, %	86,25±1,92	77,70±3,08	87,42±3,24	83,50±8,44	84,99±9,08	89,20±9,26
FCR, кг	1,07±0,02	1,07±0,04	1,11±0,05	0,94±0,04	1,00±0,04	1,02±0,02
GFE, кг	0,93±0,02	0,94±0,03	0,91±0,04	1,07±0,05	1,01±0,05	0,98±0,02
Генотип	A2A2					
n	3	6	14	6	14	6
БЭК, %	120,71±7,80	131,08±7,49	132,03±5,36 ^{1*}	140,48±5,91	141,70±4,09	138,71±6,80
КБП, %	81,71±7,95	92,27±5,31 ^{2*}	88,76±4,26	93,80±6,09	91,02±2,79	93,24±4,59
FCR, кг	1,06±0,03	1,13±0,03	1,14±0,04	1,06±0,03	1,11±0,03	1,17±0,05 ^{2*}
GFE, кг	0,94±0,03	0,89±0,02	0,89±0,03	0,94±0,02	0,91±0,02	0,87±0,04 ^{2*}

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 – A1A1 и A2A2; 2 – A1A2 и A2A2

(* – $P < 0,05$).

Из данных таблицы 7 следует, что в СПК колхоз «Родина» среди носителей ценного генотипа β -CN^{A2A2} животные II группы превосходили сверстниц с живой массой первого осеменения 340-399 кг (I группа) по БЭК – на 8,59%, КБП – на 12,93%, FCR – на 6,60%, GFE – на 5,61% ($P > 0,05$).

Таблица 8 – Биологическая эффективность коров разных генотипов κ -CN с учетом живой массы при первом плодотворном осеменении

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы			группы		
	I (340-399 кг)	II (400-420 кг)	III (более 420 кг)	I (340-399 кг)	II (400-420 кг)	III (более 420 кг)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	112,46±2,22	114,10±4,45	110,80±7,90	111,22±6,59	124,72±11,63	117,36±4,77
КБП, %	78,70±5,29	73,20±3,45	70,97±5,47	74,63±8,15	77,25±7,23	70,51±1,10
FCR, кг	1,03±0,01	1,08±0,03	1,04±0,06	0,88±0,03	0,97±0,10	0,99±0,03
GFE, кг	0,97±0,01	0,93±0,03	0,97±0,06	1,14±0,03	1,06±0,10	1,01±0,03
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	105,07±6,60	117,81±5,80 ^{3*}	113,28±5,14 ^{3*}	121,11±9,42	125,40±11,25	114,65±7,42
КБП, %	67,86±5,51	74,05±3,96	71,59±4,06 ^{3*}	69,44±5,80	74,40±9,31	64,74±8,69
FCR, кг	0,96±0,03	1,15±0,04	1,12±0,01 ^{1*}	1,05±0,06	1,06±0,03	1,07±0,05
GFE, кг	1,04±0,03	0,87±0,03	0,90±0,01 ^{1*}	0,96±0,06	0,95±0,02	0,94±0,04
Генотип	BB					
n	3	4	14	3	5	3
БЭК, %	135,39±9,12	136,06±2,45 ^{2*}	128,94±2,91 ^{3*}	149,17± 17,86	145,16± 7,97	147,04± 11,86
КБП, %	93,01±9,28	88,47±4,93	90,35±2,57 ^{2*}	101,13± 13,25	92,52± 5,18	95,14± 8,26
FCR, кг	1,15±0,02 ^{2*}	1,12±0,01	1,15±0,02	1,13± 0,11	1,14± 0,04	1,22± 0,08
GFE, кг	0,87±0,01 ^{2*}	0,89±0,01	0,87±0,02	0,90± 0,08 ^{2*}	0,88± 0,03	0,83± 0,05 ^{2*}

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 – I и III групп; 2 – AA и BB;

3 – AB и BB (* – $P < 0,05$).

В то же время отмечается тенденция к увеличению показателей БЭК, КБП, FCR и GFE у носителей κ -CN^{BB} при живой массе первого осеменения 400-420 кг (см. таблица 8).

Таким образом, коровы с генотипами β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB} отличаются высокой биологической эффективностью при достижении ими живой массы перед первым осеменением 400-420 кг.

2.2.3.5 Биологическая эффективность коров разных генотипов β -CN и κ -CN при различном возрасте первого плодотворного осеменения

Уменьшение возраста первого осеменения позволяет контролировать затраты на выращивание телок, однако, чрезмерное его сокращение оказывает существенное влияние на молочную продуктивность животных. В ходе исследования установлено, коровы с генотипами β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB} отличаются наиболее высокой молочной продуктивностью, по сравнению с другими генотипами, при условии их первого осеменения в возрасте 18-20 мес (II группа). В СПК колхоз «Родина» носители β -CN^{A2A2} II группы превосходили I группу (возраст первого осеменения 14-17 мес.) по МДЖ на 2,03% ($P < 0,05$), СОМО – на 2,72%, удою – на 5,61%, а в СПК «Гридино» гомозиготы κ -CN^{BB} II группы превосходили I группу по удою на 6,23%. Показатели биологической эффективности коров II группы данных генотипов также были наиболее высокими (таблица 9,10).

Таблица 9 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами β -CN с учетом возраста первого плодотворного осеменения

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы			группы		
	I(14-17 мес.)	II(18-20 мес.)	III(более 20 мес.)	I(14-17 мес.)	II(18-20 мес.)	III(более 20 мес.)
Генотип	A1A1					
n	3	-	3	-	-	-
БЭК, %	101,56±6,13	-	113,40±5,88	-	-	-
КБП, %	74,82±14,65	-	77,89±11,38	-	-	-
FCR, кг	0,97±0,06	-	1,11±0,04	-	-	-
GFE, кг	1,04±0,06	-	0,90±0,03	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	3	7	8	4	10	3
БЭК, %	113,76±2,74	124,34±3,00	117,77±6,84	115,58±5,15 ^{2*}	126,50±8,77	123,34±8,72
КБП, %	79,27±5,49	86,07±2,44	78,89±4,77	86,00±4,76	86,56±8,20	81,51±10,00
FCR, кг	1,04±0,02	1,13±0,05	1,04±0,05	0,96±0,05	0,99±0,04	0,96±0,03
GFE, кг	0,96±0,02	0,90±0,04	0,98±0,05	1,05±0,06	1,02±0,04	1,05±0,03
Генотип	A2A2					
n	4	4	15	3	15	8
БЭК, %	123,41±7,35	131,27±4,58	131,46±5,02 ^{1*}	145,74±10,26	146,27±4,36	125,67±5,65
КБП, %	82,96±5,95	90,60±3,63	89,45±4,00	92,97±5,95	95,18±3,63	87,06±4,51
FCR, кг	1,07±0,05	1,15±0,02	1,12±0,04	1,12±0,05 ^{2*}	1,14±0,03 ^{2*}	1,12±0,04 ^{2*}
GFE, кг	0,94±0,04	0,87±0,01	0,91±0,03	0,90±0,04	0,88±0,02 ^{2*}	0,90±0,03 ^{2*}

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 – A1A1 и A2A2; 2 – A1A2 и A2A2

(* – $P < 0,05$).

Как видно из приведенных в таблице 9 данных, в СПК колхоз «Родина» носители β -CN^{A2A2} II группы превосходили I группу (возраст первого осеменения 14-17 мес.) по БЭК на 6,36%, КБП – на 9,20%, FCR – на 7,47% и GFE – на 8,04%.

Таблица 10 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами к-CN с учетом возраста первого плодотворного осеменения

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы			группы		
	I(14-17 мес.)	II(18-20 мес.)	III(более 20 мес.)	I(14-17 мес.)	II(18-20 мес.)	III(более 20 мес.)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	112,07±1,90	119,44±6,91	116,48±13,99	110,12±3,70	115,45±6,13	120,55±1,93
КБП, %	77,61±5,93	77,19±3,53	75,29±9,34	71,81±7,03	66,21±4,00	72,76±3,60
FCR, кг	1,05±0,02	1,12±0,09	1,07±0,11	0,94±0,07	1,02±0,06	0,97±0,04
GFE, кг	0,95±0,02	0,91±0,07	0,96±0,10	1,08±0,08	0,99±0,06	1,04±0,04
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	98,85±4,45	116,15±3,71	111,73±4,34	120,08±3,90	126,54±11,69	115,39±9,67
КБП, %	62,41±3,09	72,83±2,17 ^{4*}	71,50±3,55	70,46±4,51	75,05±9,17	63,61±8,56
FCR, кг	0,96±0,03	1,12±0,04	1,08±0,02	1,02±0,02	1,07±0,06	1,09±0,02
GFE, кг	1,04±0,04	0,90±0,04	0,93±0,02	0,98±0,02	0,94±0,06	0,92±0,02
Генотип	BB					
n	5	5	11	4	4	3
БЭК, %	122,40±9,05	139,69±5,41 ^{4*}	117,54±5,63 ^{2*}	135,02±13,54	145,01±3,93 ^{3*}	120,46±4,04 ^{2*}
КБП, %	78,78±5,00 ^{3*}	100,81±4,01 ^{3*}	80,70±4,11	87,52±12,06	95,65±3,54 ^{3*}	83,50±7,59
FCR, кг	1,02±0,01 ^{1*}	1,18±0,04	1,04±0,04	1,08±0,04	1,18±0,06	1,12±0,06
GFE, кг	0,98±0,02	0,85±0,03	0,98±0,04	0,93±0,03	0,85±0,04	0,90±0,04

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1 - I и II групп; 2 - II и III групп;

3 – AA и BB; 4 – AB и BB (* – P<0,05).

В то же время (см. таблица 10), в СПК «Гридино» гомозиготы к-CN^{BB} II группы превосходили I группу по удою на 6,23%, БЭК – на 7,39%, КБП – на 9,28%, FCR – на 9,25%, GFE – на 9,41% (P>0,05), а III группу (возраст первого осеменения более 20 мес.) по БЭК – на 20,38% (P<0,05).

Таким образом, наиболее высокой молочной продуктивностью и биологической эффективностью отличались носители желательных генотипов β-CN^{A2A2} и к-CN^{BB} при осеменении в возрасте 18-20 месяцев.

2.2.3.6 Биологическая эффективность коров разных генотипов β-CN и к-CN при различной продолжительности сервис-периода

Одним из наиболее важных показателей, характеризующим воспроизводительные способности животных, является сервис-период, поскольку от него зависит продолжительность лактации: чем длиннее сервис-период, тем больше дойных дней. Однако, при чрезмерной его продолжительности существует риск не получить приплод в течение года. Что в свою очередь скажется на рентабельности производства продукции. Кроме того, продолжительность сервис-периода оказывает влияние на количество получаемого молока от коров за лактацию и на их биологическую эффективность. Определена ассоциативная связь высоких показателей молочной продуктивности коров с продолжительностью сервис-периода 60-90 дней (I группа). Так, в СПК колхоз «Родина» носители генотипа β-CN^{A2A2} I группы превосходили представителей II группы (сервис период 91-110 дн) по МДЖ на 2,51%, СОМО – на 10,09% и СВ на 8,22%, а III группы (сервис-период более 110 дн) по СОМО и СВ – на 7,22% и 7,23% соответственно (P>0,05). У коров к-CN^{BB} I группы показатели удоя, МДЖ, МДБ, СОМО, СВ были выше чем у III на 2,10%, 1,51%, 1,25%, 1,44%, 5,60%, соответственно. Показатели биологической эффективности представлены в таблице 11 и 12.

Таблица 11 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами β -CN при различной продолжительности сервис-периода

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы			группы		
	I (60-90 дн.)	II (91-110 дн.)	III (более 110 дн.)	I (60-90 дн.)	II (91-110 дн.)	III (более 110 дн.)
Генотип	A1A1					
n	4	-	-	-	-	-
БЭК, %	112,49±7,03	-	-	-	-	-
КБП, %	76,35±7,63	-	-	-	-	-
FCR, кг	1,04±0,05	-	-	-	-	-
GFE, кг	0,97±0,05	-	-	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	9	3	6	9	3	5
БЭК, %	113,93±3,11	116,25±14,05	129,95±4,01 ^{1*}	134,89±8,34 ^{2*}	108,54±2,52	117,18±9,08
КБП, %	77,93±3,06	79,18±9,26	88,75±3,09	93,22±7,16	69,98±8,57	78,79±10,08
FCR, кг	1,02±0,03	1,06±0,11	1,17±0,04 ^{1*}	1,08±0,03	0,98±0,07	1,00±0,05
GFE, кг	0,99±0,03	0,97±0,10	0,86±0,03	0,93±0,03	1,03±0,07	1,01±0,05
Генотип	A2A2					
n	8	3	12	10	4	12
БЭК, %	133,44±7,83 ^{3*}	126,12±10,61	124,70±4,76	132,04±7,54	145,20±8,83 ^{3*}	133,55±5,44
КБП, %	91,20±5,94	84,24±6,53	85,66±3,90	88,58±5,51	100,65±7,27 ^{3*}	89,03±4,08
FCR, кг	1,10±0,06	1,11±0,11	1,09±0,03	1,08±0,04	1,19±0,05	1,12±0,04
GFE, кг	0,92±0,05	0,92±0,10	0,92±0,03	0,94±0,03	0,85±0,04 ^{3*}	0,90±0,03

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1- I и III групп; 2- I и II групп; 3- A1A1 и A2A2 (* – $P < 0,05$).

Из данных таблицы 11 следует, что в СПК колхоз «Родина» наиболее высокие БЭК, КБП и FCR были у носителей генотипа β -CN^{A2A2} I группы – 133,44±7,83%, 91,20±5,94% и 1,10±0,06 кг, соответственно. С увеличением сервис-периода показатели снижались.

Таблица 12 – Биологическая эффективность коров с разными генотипами κ -CN при различной продолжительности сервис-периода

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы			группы		
	I (60-90 дн.)	II (91-110 дн.)	III (более 110 дн.)	I (60-90 дн.)	II (91-110 дн.)	III (более 110 дн.)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	117,95±4,99	118,05±13,65	113,00±5,50	113,47±4,39	127,37±9,97	112,46±6,08
КБП, %	78,44±4,15	81,27±9,87	73,83±3,91	74,74±5,53	73,24±5,73	66,92±6,44
FCR, кг	1,05±0,02	1,07±0,11	1,03±0,05	0,96±0,07	1,13±0,08	0,90±0,02
GFE, кг	0,96±0,01	0,95±0,10	0,98±0,05	1,06±0,08	0,90±0,06	1,11±0,03
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
БЭК, %	116,82±1,53	113,58±0,88	107,69±7,41	126,54±11,69	118,82±4,60	127,26±6,57
КБП, %	73,32±1,80	71,53±0,77	67,71±5,00	75,05±9,17	66,97±7,20	72,77±4,63
FCR, кг	1,15±0,01 ^{3*}	1,09±0,02	1,05±0,05	1,07±0,06	1,11±0,09	1,11±0,04 ^{1*}
GFE, кг	0,87±0,01	0,92±0,03	0,96±0,05	0,94±0,06	0,91±0,07	0,90±0,03 ^{1*}
Генотип	BB					
n	8	3	10	5	3	3
БЭК, %	126,45±11,40	123,23±7,92	116,82±5,80	122,37±10,10	144,38±20,21	121,31±13,80
КБП, %	84,05±7,60	90,13±4,51 ^{2*}	81,51±4,68	75,22±7,54	104,09±14,94	77,09±8,49
FCR, кг	1,05±0,08	1,12±0,07	1,03±0,06	1,10±0,05	1,25±0,10	1,00±0,08
GFE, кг	0,99±0,09	0,90±0,06	1,01±0,07	0,92±0,04	0,81±0,07	1,01±0,08

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении: 1- AA и BB; 2- AB и BB; 3- AA и AB (* – $P < 0,05$).

В то же время, как видно из таблицы 12, у коров к-CN^{BB} I группы показатели БЭК, КБП, FCR и GFE были больше чем у III на 7,62%, 3,02%, 1,90% и 2,02% соответственно. В стаде СПК «Гридино» отмечалась аналогичная тенденция.

Таким образом, наиболее высокой молочной продуктивностью и биологической эффективностью обладали коровы с генотипами β-CN^{A2A2} и к-CN^{BB} при продолжительности сервис-периода 60-90 дней.

2.2.4 Воспроизводительная способность коров разных генотипов β-CN и к-CN при разном уровне продуктивности

Показатели воспроизводительной способности коров с генотипами β-CN^{A2A2} и к-CN^{BB} находились на высоком уровне, несмотря на более высокую молочную продуктивность (таблица 13, 14).

Таблица 13 – Воспроизводительная способность коров с разными генотипами β-CN при разном уровне продуктивности

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы животных в зависимости от удоя, кг					
	I (0-5499)	II (5500-6200)	III (более 6200)	I (0-5499)	II (5500-6200)	III (более 6200)
Генотип	A1A1					
n	2	2	-	-	-	-
ИВС	0,93±0,27	0,88±0,02	-	-	-	-
КВС	1,00±0,02	1,12±0,02	-	-	-	-
Инд. Дохи	48,95±0,36	41,59±0,70	-	-	-	-
Генотип	A1A2					
n	10	5	3	5	8	4
ИВС	0,86±0,04*	0,75±0,05	0,70±0,05	0,93±0,03	0,91±0,09	0,89±0,06
КВС	0,99±0,04	0,86±0,10	0,73±0,13	0,95±0,04	0,98±0,04	0,93±0,12
Инд. Дохи	45,94±1,93	40,28±4,11	34,27±5,25	47,57±1,67	46,21±1,32	40,34±3,51
Генотип	A2A2					
n	12	6	5	5	11	10
ИВС	0,68±0,05	0,78±0,08	0,84±0,07	1,00±0,06	0,89±0,05	0,79±0,05
КВС	0,88±0,05	0,79±0,06	0,97±0,03	1,00±0,03	0,89±0,05	0,91±0,03
Инд. Дохи	40,29±2,21	37,48±2,15	42,84±1,63	46,71±0,85	42,44±2,11	45,31±1,09

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении A1A2 с A2A2 I группы (* – P<0,05).

Таблица 14 – Воспроизводительная способность коров с разными генотипами к-CN при разном уровне продуктивности

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	группы животных в зависимости от удоя, кг					
	I (0-5499)	II (5500-6200)	III (более 6200)	I (0-5499)	II (5500-6200)	III (более 6200)
Генотип	AA					
n	3	3	3	3	3	3
ИВС	0,73±0,05	0,73±0,05	0,73±0,05	0,73±0,05	0,73±0,05	0,73±0,05
КВС	0,88±0,16	0,88±0,16	0,88±0,16	0,88±0,16	0,88±0,16	0,88±0,16
Инд. Дохи	41,17±5,08	41,17±5,08	41,17±5,08	41,17±5,08	41,17±5,08	41,17±5,08
Генотип	AB					
n	3	3	3	3	3	3
ИВС	0,86±0,10	0,86±0,10	0,86±0,10	0,86±0,10	0,86±0,10	0,86±0,10
КВС	0,97±0,02	0,97±0,02	0,97±0,02	0,97±0,02	0,97±0,02	0,97±0,02
Инд. Дохи	45,13±2,04	45,13±2,04	45,13±2,04	45,13±2,04	45,13±2,04	45,13±2,04
Генотип	BB					
n	15	15	15	15	15	15
ИВС	0,82±0,05	0,82±0,05	0,82±0,05	0,82±0,05	0,82±0,05	0,82±0,05
КВС	0,92±0,04	0,92±0,04	0,92±0,04	0,92±0,04	0,92±0,04	0,92±0,04
Инд. Дохи	43,34±1,88	43,34±1,88	43,34±1,88	43,34±1,88	43,34±1,88	43,34±1,88

Исходя из данных таблицы 13, в СПК колхоз «Родина» особи β-CN^{A2A2} III группы (удой более 6200 кг) превосходили коров I группы (удой до 5499 кг) по ИВС – на 23,53%, КВС – на 10,23% и Дохи – на 6,33%. При этом, среди особей с генотипом к-CN^{BB} (табл. 14) коровы III группы превосходили животных I группы по КВС и Дохи – на 4,44% и 2,55%, соответственно.

Также отмечено, что у коров β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB} ИВС ($0,77 \pm 0,05$ и $0,87 \pm 0,05$), КВС ($0,90 \pm 0,04$ и $0,92 \pm 0,05$) и Дохи ($41,26 \pm 1,50$ и $43,07 \pm 1,98$) были при степени кровности менее 50%. Подобная тенденция изменения показателей наблюдалась в СПК «Гридино».

Таким образом, коровы с генотипами β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB} характеризуются наиболее высокой молочной продуктивностью и биологической эффективностью, с сохранением репродуктивных функций.

2.2.5 Экономическая эффективность использования коров с разными генотипами β -CN и κ -CN

Для определения экономической эффективности использования коров с разными генотипами по гену β -CN и κ -CN произвели перерасчет продуктивности животных на общероссийскую базисную норму массовой доли жира (3,4%) и белка (3,0%), на основании чего определили выход дополнительной продукции от особей разных групп. Так, наибольшее количество молока базисной жирности и белкомолочности в СПК колхоз «Родина» и СПК «Гридино» было получено от коров с генотипами β -CN^{A2A2} (7292 и 8971 кг) и κ -CN^{BB} (7424 и 9366 кг). Экономическая эффективность животных разных генотипов представлена в таблице 15 и 16.

Таблица 15 – Экономическая эффективность использования коров с разными генотипами β -CN

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	генотип по бета-казеину					
	A1A1	A1A2	A2A2	A1A1	A1A2	A2A2
n	4	18	23	-	17	26
Затраты на производство молока на 1 корову, руб.	177546,60	177546,60	177546,60	-	166315,29	166315,29
Затраты на генотипирование 1 коровы, руб.	1000,00	1000,00	1000,00	-	1000,00	1000,00
Затраты на 1 кг молока, руб.	26,56	25,81	24,30	-	19,77	18,53
Цена реализации 1 кг молока, руб.	27,43	27,43	27,43	-	28,69	28,69
Выручка от реализации полученного молока, руб.	183382,93	188683,34	200428,77	-	241414,79	257442,98
Прибыль от реализации полученного молока от 1 коровы в год, руб.	5836,33	11136,74	22882,17	-	75099,50	91127,69
Рентабельность, %	3,18	5,90	11,42	-	31,11	35,40

Как показывают данные таблицы 15, в СПК колхоз «Родина» затраты на производство 1 кг молока у носителей β -CN^{A2A2} были наименьшими (24,30 руб.). С учетом затрат на генотипирование коров, прибыль от реализации молока одной коровы с желательным генотипом β -CN^{A2A2} в год была на 17045,84 руб. больше по сравнению с носителями β -CN^{A1A1}. По рентабельности использования разница составила 8,24% в пользу β -CN^{A2A2}.

В то же время в СПК «Гридино» производство 1 кг молока в группе животных с генотипом β -CN^{A2A2} обошлось на 6,27% дешевле по сравнению с гетерозиготами β -CN^{A2A1}. При этом рентабельность использования коров-носителей β -CN^{A2A2} была на 4% больше, чем у β -CN^{A1A2}.

Анализ экономической эффективности коров с разными генотипами гена κ -CN также показал, что наибольшее количество молока базисной жирности и белковости в СПК колхоз «Родина» и СПК «Гридино» было получено от носителей желательного генотипа κ -CN^{BB} (7424 и 9366 кг).

Таблица 16 – Экономическая эффективность использования коров с разными генотипами κ -CN

Показатель	СПК колхоз «Родина»			СПК «Гридино»		
	генотип по бета-казеину					
	AA	AB	BB	AA	AB	BB
n	9	9	21	9	9	11
Затраты на производство молока на 1 корову, руб.	177546,60	177546,60	177546,60	177546,60	177546,60	177546,60
Затраты на генотипирование 1 коровы, руб.	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Затраты на 1 кг молока, руб.	27,35	25,42	23,95	23,55	20,91	18,94
Цена реализации 1 кг молока, руб.	27,43	27,43	27,43	28,69	28,69	28,69

Выручка от реализации полученного молока, руб.	178080,93	191565,59	203365,61	216336,94	243623,71	268985,91
Прибыль от реализации полученного молока от 1 коровы в год, руб.	534,33	14018,99	25819,01	38790,34	66077,11	91439,31
Рентабельность, %	0,30	7,32	12,70	17,93	27,12	33,99

Как видно из данных, представленных в таблице 16, в СПК колхоз «Родина» затраты на производство 1 кг молока у носителей к-CN^{BB} были наименьшими (23,95 руб.), а прибыль с реализации полученного молока от 1 особи данной группы в год составила 25819,01 руб., что больше по сравнению с гомозиготами к-CN^{AA} на 25284,68 руб. В результате рентабельность использования коров с генотипом к-CN^{BB} была на 12,40% выше, относительно к-CN^{AA}.

Аналогично в СПК «Гридино» группа носителей желательного генотипа к-CN^{BB} отличалась наименьшими затратами на производство 1 кг молока в год (на 24,34% меньше, чем к-CN^{AA}) и высокой рентабельностью использования – на 16,06% выше, чем к-CN^{AA}.

Таким образом, наиболее экономически выгодно использовать для разведения коров, имеющих в своем геноме аллели β -CN^{A2} и к-CN^B.

Заключение

1. В результате проведенных исследований желательный генотип β -CN^{A2A2} выявлен у 56% изучаемого поголовья, при этом доля коров-носителей генотипа β -CN^{A1A1} составила 5%. Аллель β -CN^{A2} регистрировался в геноме 76% животных, а аллель β -CN^{A1} – у 20%. Частота встречаемости желательного генотипа к-CN^{BB} составила 47% изучаемой выборки, при этом аллель к-CN^B выявлен у 60% животных.

2. Установлено, что высокие показатели удоя коров изучаемой выборки (на 28%), содержания жира в молоке (на 33%) обусловлены генотипом к-CN^{BB}. Высокое содержание сухого вещества на 20% определялось генотипом β -CN^{A2A2} ($P < 0,05$). Носители желательных генотипов β -CN^{A2A2} и к-CN^{BB} по молочной продуктивности имели наиболее высокие показатели по сравнению со сверстницами других генотипов. Коровы-носители β -CN^{A2A2} в СПК колхоз «Родина» превосходили особей β -CN^{A1A1} по содержанию СОМО и сухого вещества в молоке на 9,23% и 8,30% соответственно ($P < 0,05$). В СПК «Гридино» у носителей β -CN^{A2A2} отмечаются наиболее высокие удои – на 7,05% превышающие гетерозиготных сверстниц β -CN^{A1A2} ($P < 0,05$). Удои животных к-CN^{BB} были на 18% больше, чем у к-CN^{AA}, разница по МДЖ составила 14%. При этом носители желательных генотипов сохраняли высокие показатели продуктивности на протяжении всего срока хозяйственного использования. Удои полновозрастных коров СПК «Гридино» с генотипом β -CN^{A2A2} были больше на 14% ($P < 0,05$) по сравнению с первотелками. В стаде СПК «Родина» удои коров β -CN^{A2A2} за третью лактацию были больше на 15% ($P < 0,05$), чем за первую.

3. Выявлено, что высокие показатели КБП (на 22%) и FCR (на 43%) обусловлены генотипом к-CN^{BB}. В стаде СПК «Гридино» коэффициент FCR и GFE животных к-CN^{BB} были больше, чем у к-CN^{AA} на 21% и 19% ($P < 0,05$) соответственно. В то же время данные показатели были устойчивы к возрастным изменениям. Так, FCR и GFE коров β -CN^{A2A2} за третью лактацию были больше на 16% и 15% ($P < 0,05$) по сравнению с первой. В стаде СПК «Родина» FCR полновозрастных коров β -CN^{A2A2} был больше на 15% ($P < 0,05$), чем у первотелок. В то же время среди животных к-CN^{BB} разница между первотелками и полновозрастными по FCR составила 9% в пользу последних ($P < 0,05$).

4. Высокие показатели МДЖ, СВ, СОМО и КБП у коров с генотипом β -CN^{A2A2} обусловлены низкой долей кровности по улучшающей швицкой породе (до 49%). Ее доля влияния на данные показатели составила 24%, 23%, 18% и 20% соответственно ($P < 0,05$). Так, в СПК колхоз «Родина» коровы с генотипом β -CN^{A2A2} и кровностью менее 49% (I группа) превосходили сверстниц с кровностью более 50% по удою на 15%, по БЭК - на 27,16%, по КБП - на 23,62%. При этом особи к-CN^{BB} I группы превосходили сверстниц с долей крови более 50% по улучшающей породе по удою на 12,5% ($P < 0,05$), СОМО – на 19%, СВ – на 9%, БЭК – на 23,91%, КБП – на 20,15% и FCR – на 15% ($P < 0,05$).

5. Выявлено, что живая масса 400-420 кг при первом плодотворном осеменении (II группа) ассоциируется с высокой биологической эффективностью коров β -CN^{A2A2} и к-CN^{BB}. Так, в СПК колхоз «Родина» животные β -CN^{A2A2} II группы превосходили сверстниц с живой массой первого осеменения 340-399 кг по БЭК – на 8,59%, КБП – на 12,93%, FCR – на 6,60%, GFE – на 5,61%.

Также высокая биологическая эффективность носителей β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB} ассоциируются с первым плодотворным осеменением в возрасте 18-20 месяцев (II группа). В СПК «Гридино» коровы κ -CN^{BB} II группы превосходили особей, осемененных в возрасте более 20 мес (III группа), по БЭК на 24,55% ($P < 0,05$). Коровы-носители κ -CN^{BB} II группы стада СПК колхоз «Родина» превосходили животных III группы по БЭК – на 22,15%, а коров, покрытых до 18 мес, – по КБП – на 28% и FCR – на 16% ($P < 0,05$). Установлено, что коровы с генотипами β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB} отличаются наиболее высокой молочной продуктивностью и эффективностью использования при продолжительности сервис-периода 60-90 дней (I группа). В СПК колхоз «Родина» носители генотипа β -CN^{A2A2} I группы имели наиболее высокие БЭК ($133,44 \pm 7,83\%$) и КБП ($91,20 \pm 5,94\%$), а коровы κ -CN^{BB} I группы превосходили III (сервис-период более 110 дн) по БЭК, КБП, FCR и GFE на 7,62%, 3,02%, 1,90% и 2,02% соответственно.

6. Коровы с генотипами β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB} характеризуются наиболее высокой молочной продуктивностью и биологической эффективностью, при этом их репродуктивные функции остаются на высоком уровне. В особенности данная тенденция прослеживается у коров с долей кровности менее 49% по улучшающей швицкой породе.

7. Расчет экономической эффективности показал, что при наименьших затратах на производство 1 кг молока коровы с желательными генотипами отличались высокой рентабельностью использования и, соответственно, высокой экономической эффективностью. Так, рентабельность особей β -CN^{A2A2} в стаде СПК колхоз «Родина» была выше, по сравнению со сверстницами β -CN^{A1A1} на 8,24%, а разница между носителями κ -CN^{BB} и κ -CN^{AA} составила 12,40% в пользу последних. В СПК «Гридино» носители β -CN^{A2A2} по рентабельности превосходили гетерозигот β -CN^{A1A2} на 4,29%, а особи κ -CN^{BB} на 16,06% превосходили сверстниц κ -CN^{AA}.

Практические предложения

С целью ускорения темпов совершенствования костромской породы и повышения эффективности использования молочных коров специалистам племенных хозяйств рекомендуем:

- проводить оценку племенных коров и ремонтного молодняка по генам β -CN и κ -CN;
- выявлять и интенсивно использовать коров с генотипами β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB}, характеризующихся высокой молочной продуктивностью и биологической эффективностью;
- проводить осеменение телок генотипов β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB} с живой массой 400-420 кг, в возрасте 18-20 месяцев, поддерживать кровность животных до 49%.

Специалистам селекционного центра по костромской породе с целью совершенствования продуктивных качеств коров рекомендуем:

- учитывать частоту встречаемости желательных генотипов β -CN^{A2A2} и κ -CN^{BB} при разработке планов селекционно-племенной работы для племенных хозяйств;
- при формировании племенного ядра породы проводить тестирование по генам β -CN и κ -CN будущих матерей и быков-производителей.

Преподавательскому составу вузов сельскохозяйственного профиля с целью повышения качества образования будущих специалистов в области зоотехнии разработать программы обучения с включением материала по методам маркерной селекции с использованием генов β -CN и κ -CN для совершенствования продуктивных качеств костромской породы коров и повышения их биологической эффективности.

Преподавательскому составу в системе ДПО разработать программы курсов повышения квалификации для специалистов племенного дела по обучению методам эффективной маркерной селекции с использованием генов β -CN и κ -CN для совершенствования продуктивных качеств коров и повышения их биологической эффективности.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

Результаты проведенных исследований предполагают перспективы развития темы в следующих направлениях:

- изучение распространения аллельных вариантов генов β -CN и κ -CN в различных популяциях крупного рогатого скота других районов и областей РФ;
- изыскание новых эффективных и экономически выгодных методов проведения ДНК-диагностики в условиях интенсивного производства продукции животноводства;
- тестирование имеющегося поголовья и спермы быков-производителей костромской породы по генам β -CN и κ -CN;

**Список работ, опубликованных по теме диссертации
в рецензируемых изданиях:**

1. Чаицкий, А.А. Оценка реализации биологического потенциала у крупного рогатого скота костромской породы с различными аллельными вариантами гена бета-казеина / А.А. Чаицкий, Н.С. Баранова // Вестник АПК Верхневолжья. – 2021. – № 2(54). – С. 22-28. – DOI 10.35694/YARCX.2021.54.2.004. – EDN BZDDGE.

2. Чаицкий, А.А. Оценка уровня реализации биологического потенциала у крупного рогатого скота костромской породы с различными аллельными вариантами гена каппа-казеина / А.А. Чаицкий, Н.С. Баранова // Вестник АПК Верхневолжья. – 2021. – № 4(56). – С. 33-37. – DOI 10.35694/YARCX.2021.56.4.006. – EDN NSHZWV.

3. Чаицкий, А.А. Влияние генотипов гена каппа-казеина на сыропригодные свойства молока коров / А.А. Чаицкий, А.Д. Лемякин, А.Н. Тяжченко, К.Д. Сабетова, П.О. Щеголев, С.Г. Белокуров, И.А. Кофиади, А.В. Смирнова // Вестник АПК Верхневолжья. – 2022. – № 2(58). – С. 33-43.

В других изданиях:

4. Чаицкий, А.А. Оценка биологической эффективности коров костромской породы с различными аллельными вариантами гена бета-казеина / А.А. Чаицкий, Н.С. Баранова // Актуальные вопросы развития науки и технологий: Сборник статей молодых учёных по материалам 71-й студенческой научной и 72-й межрегиональной студенческой научной конференций, Караваево, 08–29 апреля 2021 года. – Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 194-199. – EDN BBGGLR.

5. Чаицкий, А.А. Влияние возраста первого осеменения на реализацию биологического потенциала крупного рогатого скота костромской породы / А.А. Чаицкий // Молодежь. Наука. Инновации: сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых, Ярославль, 10–11 марта 2021 года / Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. – Ярославль: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ярославская государственная сельскохозяйственная академия", 2021. – С. 304-307. – EDN LBKEMM.

6. Чаицкий, А.А. Качественные показатели молока А2 крупного рогатого скота костромской породы / А.А. Чаицкий, К.Д. Сабетова, И.А. Кофиади // Молодежь. Наука. Инновации: сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых, Ярославль, 10–11 марта 2021 года / Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. – Ярославль: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ярославская государственная сельскохозяйственная академия", 2021. – С. 307-311. – EDN OXZYFV.

7. Чаицкий, А.А. Эффективность использования сухого вещества корма коровами костромской породы разного возраста / А.А. Чаицкий, Н.С. Баранова // Научные приоритеты АПК в России и за рубежом: Сборник статей 72-й международной научно-практической конференции, Караваево, 22 апреля 2021 года. – Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 82-86. – EDN NFHEVE.

8. Чаицкий, А.А. Реализация биоресурсного потенциала высокопродуктивных коров костромской породы разного возраста и генотипа / А.А. Чаицкий, Н.С. Баранова // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства: материалы национальной научно-практической конференции с международным участием посвященной памяти доктора биологических наук, профессора Е.П. Ващекина, Заслуженного работника Высшей школы РФ, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Почетного гражданина Брянской области, Брянск, 22 января 2021 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2021. – С. 266-271. – EDN HDNNLD.

9. Чаицкий, А.А. Полиморфизм гена каппа-казеина у быков-производителей наиболее популярных молочных пород России / А.А. Чаицкий, К.Д. Сабетова, П.О. Щеголев, С.Г. Белокуров // Аграрный вестник Нечерноземья. – 2021. – № 4(4). – С. 22-28. – DOI 10.52025/2712-8679_2021_04_22. – EDN WDNXHF.

10. Чаицкий, А.А. Влияние возраста костромской породы коров на реализацию биологического потенциала / А.А. Чаицкий, Н.С. Баранова // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: Сборник статей по материалам XII Всероссийской (национальной) научно-

практической конференции молодых ученых, посвященной 125-летию Т.С. Мальцева, Курган, 06 ноября 2020 года / Под общей редакцией И.Н. Миколайчика. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2020. – С. 286-290. – EDN OMQGPX.

11. Чаицкий, А.А. Оценка хозяйственно-биологических особенностей высокопродуктивных коров костромской породы / А.А. Чаицкий, Н.С. Баранова // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: Сборник статей 71-й международной научно-практической конференции. В 3-х томах, Караваево, 23 января 2020 года / Под редакцией Т.В. Головковой, Н.Ю. Парамоновой. – Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 192-195. – EDN XSZXOH.

12. Чаицкий, А.А. Оценка хозяйственно-биологических особенностей высокопродуктивных коров костромской породы / А.А. Чаицкий, Н.С. Баранова // Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии / ФГБОУ ВО Костромская ГСХА. – Караваево: Костромская ГСХА, 2020. – С. 30-36. – EDN YDROEF.

13. Чаицкий, А.А. Влияние сезона года на реализацию биологического потенциала коров костромской породы / А.А. Чаицкий // НИРС - первая ступень в науку: Сборник научных трудов по материалам XLII Международной научно-практической студенческой конференции, Ярославль, 13–14 марта 2019 года. – Ярославль: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ярославская государственная сельскохозяйственная академия", 2019. – С. 357-362. – EDN SDUDPY.

14. Чаицкий, А.А. Влияние генетических и паратипических факторов на реализацию биологического потенциала коров костромской породы в условиях стада ООО "Агрофирма "планета" Буйского района Костромской области / А.А. Чаицкий, С.Г. Белокуров // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: Сборник статей 70-й международной научно-практической конференции. В 3-х томах, Караваево, 17 января 2019 года / Под редакцией Ю.В. Панкратова, Н.Ю. Парамоновой. – Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 227-231. – EDN TTUCUB.

15. Чаицкий А.А. Оценка биологического потенциала коров костромской породы / А.А. Чаицкий, С.Г. Белокуров // Новые подходы к разработке технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 06–07 июня 2018 года / Под общ. ред. И.Ф. Горлова. – Волгоград: Издательство Волгоградского института управления - филиала РАНХиГС, 2018. – С. 43-46. – EDN XRNIGT.

16. Chaitsky, A.A. The influence of genetic factors on the sale of dry matter of feed by highly productive cows of the kostroma breed / A.A. Chaitsky, N.S. Baranova, E.A. Krasil'shchik // European Journal of Natural History. – 2020. – No 4. – P. 63-67. – EDN VTJYXV.

17. Чаицкий, А.А. Оценка качества молока коров костромской породы с разными аллельными вариантами гена каппа-казеина / А. Д. Лемякин, А. Н. Тяжченко, А. А. Чаицкий [и др.] // Актуальные вопросы развития науки и технологий: Сборник статей молодых учёных 73-й студенческой научной конференции, Караваево, 07 апреля 2022 года. – Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – С. 482-487. – EDNXXXBLLE.

18. Чаицкий, А.А. Сравнительная характеристика молочного скота по гену каппа-казеина в племенных стадах костромской области / А. Д. Лемякин, А. Н. Тяжченко, А. А. Чаицкий [и др.] // Актуальные вопросы развития науки и технологий: Сборник статей молодых учёных 73-й студенческой научной конференции, Караваево, 07 апреля 2022 года. – Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – С. 137-142. – EDNJEAZQE.