

На правах рукописи

Ярышкин Андрей Александрович

**ПОЛИМОРФИЗМ ПО ЛОКУСАМ СОМАТОТРОПИНА И ЛЕПТИНА И
ЕГО СВЯЗЬ С ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫМИ ПРИЗНАКАМИ
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

4.2.5 – Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Лесные Поляны, 2023г.

Работа выполнена в отделе животноводства и иммуногенетической экспертизы Уральского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»

Научный руководитель – доктор биологических наук, доцент,

Ковалюк Наталья Викторовна

Официальные оппоненты:

- **Гончаренко Галина Моисеевна** – доктор биологических наук, профессор, ФГБНУ «Федеральный научный центр биотехнологических систем и агротехнологий РАН» Министерства науки и высшего образования РФ,

- **Харзинова Вероника Руслановна** – кандидат биологических наук, ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства-ВИЖ им. Л.К. Эрнста» Министерства науки и высшего образования РФ,

Ведущая организация:

Защита диссертации состоится «...» 2024 г. в 11-00 часов на заседании диссертационного совета 35.1.001.01, созданного на базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, Министерства сельского хозяйства, по адресу 141212, Московская область, г. Пушкино, пос. Лесные Поляны, ул. Ленина, д. 13, ФГБНУ ВНИИплем, тел.: +7(495)515-95-57.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела» и на сайте <http://www.vniiplem.com>.

Автореферат разослан «__» 2023 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор сельскохозяйственных наук

Тяпугин Сергей Евгеньевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Молочное скотоводство является важной отраслью в современном сельском хозяйстве (Н.В. Сивкин, 2007). В настоящее время в мире насчитывается около 1,5 млрд. голов крупного рогатого скота. Основная цель селекционной работы состоит в подборе пар животных, имеющих высокую племенную ценность для последующих скрещиваний, позволяющих в следующих поколениях животных добиться необходимого селекционного успеха (Н.В. Сивкин, 2011, С.Л. Гридина с соавт., 2018, Л.П. Игнатьева с соавт., 2019, О.С. Шаталина с соавт., 2021). Поиск путей решения задачи, связанной с повышением экономической эффективности производства животноводческой продукции, является ключевым направлением для работников сельского хозяйства (С.Н. Ижболдина, Е.Н. Ефремова, 2005).

Современные проблемы увеличения объемов производства продукции животноводческой продукции при значительных вложениях требуют совершенствования инновационных путей для использования генетических ресурсов животных (И. Ахатова, 2002, О.А. Тулинова, 2014, J.C.M. Dekkers, 2012, O.S. Shatalina et al, 2021). Ключевую роль в этом процессе играют современные биотехнологии.

Современная биотехнология основывается на молекулярно-биологических методах, и при этом, занимает огромное положение в ветеринарных, зоотехнических и биологических исследованиях (Б. Глик, Дж. Пастернак, 2002, И.В. Ткаченко, 2014, Н.В. Ковалюк, Е.А. Гырнец, 2016).

Последние годы основаны на изменении к подходам в улучшении и селекции домашних животных. Ранее исследования включали длительные наблюдения за показателями молочной продуктивности отдельных особей с целью выявления животных улучшателей и последующего использования их в селекции (Л.К. Эрнст с соавт., 1977). После внедрения ДНК-технологий и накопления материала по данным исследованиям стало возможным изучать всё разнообразие фенотипических форм при оценке генотипов животных и связи генотипов с ген-маркерными признаками и выявлять желательные (Ю.П. Алтухов, Е. А. Салменкова, 2002, Б. Глик, Дж. Пастернак, 2002, В.И. Глазко с соавт., 2013).

Степень разработанности темы исследований. Увеличение обеспечения Свердловской области молоком и молочными продуктами определяет интенсивность поиска и дальнейшего использования генов кандидатов как маркеров молочной продуктивности.

Один из способов улучшения хозяйственно-ценных признаков крупного рогатого скота – исследование взаимосвязи полиморфизма генов соматотропина и лептина с уровнем молочной продуктивности и воспроизводства стад. Вопросами изучения генов соматотропина и лептина занимались И.В. Лазебная с соавт. (2011), Н.В. Ковалюк с соавт. (2015), И.С. Бейшова с соавт. (2017), Н.В. Макарова с соавт. (2018), О.В. Сычева, Л.В. Кононова (2018). Учеными получены положительные данные о взаимосвязи полиморфизма генов соматотропина и лептина с показателями молочной продуктивности и репродукции (И.Ю.

Долматова, А.Г. Ильясов, 2011, В. С. Грачев, А.С. Шуклина, 2014, И.В. Ткаченко, 2014, М.В. Позовникова с соавт., 2016, Ф.Ф. Зиннатова и Ф.Ф. Зиннатов с соавт., 2017, Н.В. Ковалюк с соавт., 2018).

Цель и задачи исследований. Целью данного исследования является определение генотипа животных по локусам соматотропина и лептина и его связи с хозяйственно-полезными признаками.

В задачи исследования входит:

1. Определить полиморфизм генов соматотропина и лептина у животных голштинизированной черно-пестрой породы крупного рогатого скота;
2. Изучить влияние полиморфизма генов на продуктивное долголетие крупного рогатого скота;
3. Определить взаимосвязь между полиморфизмом генов соматотропина и лептина и молочной продуктивностью коров;
4. Установить комплексные генотипы крупного рогатого скота;
5. Изучить влияние комплексных генотипов на хозяйственно-полезные признаки коров;
6. Рассчитать экономическую эффективность селекции коров по комплексным генотипам.

Научная новизна исследований. Впервые в Уральском регионе, на голштинизированной черно-пестрой породе крупного рогатого скота проведены исследования по определению полиморфизма животных по локусам соматотропина и лептина и их связи с хозяйственно-полезными признаками.

Исследована генетическая структура популяции черно-пестрого голштинизированного скота и дана оценка ее селекционной перспективности по генам LEP и GH. Изучена взаимосвязь полиморфизма изучаемых генов с хозяйственно-полезными характеристиками молочной продуктивности. Выявлены генотипы селекционно значимых аллелей генов LEP и GH для селекции молочного скота, направленных на увеличение удоев и сроков хозяйственно-полезного использования.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные результаты добавляют новые знания о генофонде животных голштинизированной черно-пестрой породы. Исследование взаимосвязи генотипов соматотропина и лептина с хозяйственно-полезными признаками позволит увеличить молочную продуктивность, повысить скорость набора живой массы молодняком, увеличить продуктивное долголетие коров. Отбор и подбор животных с лучшими генетическими показателями позволит передать полезные хозяйственные признаки потомству, тем самым улучшив генофонд популяции. Селекция животных для увеличения поголовья носительниц заданных генов принесет значимый положительный экономический эффект, а получение дополнительной молочной продукции способствует более полному снабжению молочными продуктами населения Свердловской области.

Связь темы с планом научных исследований. Исследования выполнены в соответствии с государственным заданием по теме: «Изучить селекционно-генетические характеристики крупного рогатого скота Уральского региона с

использованием биотехнологических методов в целях создания новых селекционных форм животных, обладающих высоким генетическим потенциалом молочной продуктивности, качества молока и продолжительности хозяйственного использования».

Полученные результаты исследований внедрены в производственную деятельность АО «Агрофирма «Патруши» и АО «Каменское» (Свердловская область) и подтверждены актами о внедрении научных разработок.

Методология и методы исследований. Исследование влияния генотипов соматотропина и лептина крупного рогатого скота на хозяйственно-полезные признаки проведено с помощью следующих методов:

Генетический – исследование генов соматотропина и лептина животных крупного рогатого скота проводилось в соответствии с протоколом фирмы НПК «Синтол» и рекомендациями С.В. Тюлькина с соавт. (2012);

Аналитический – проведен анализ показателей воспроизводства коров и молочной продуктивности голштинизированной черно-пестрой породы, взятых из программы АРМ Селэкс (молочный скот);

Статистический – биометрическая обработка результатов исследований выполнена при помощи программ IBM SPSS Statistics 23, Microsoft Excel, рассчитаны средние величины (\bar{X}), ошибки средних (S_x), установлен критерий достоверности Стьюдента, проведен корреляционный анализ по Спирмену (r_s).

Степень достоверности и апробация результатов. Исследование выполнено согласно методике, утвержденной на заседании методического совета отдела животноводства и иммуногенетической экспертизы Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН на необходимом поголовье животных. Проведена биометрическая обработка результатов исследований с использованием общепринятых формул и получен высокий критерий достоверности. Результаты исследований согласуются с работами других авторами и экспериментальными результатами.

Основные положения и результаты исследований научного доклада доложены, обсуждены и одобрены на методических советах отдела животноводства Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН (2018, 2019, 2020 гг.), научно-практических конференциях молодых ученых: «Эколого-биологические проблемы использования природных ресурсов в сельском хозяйстве», Екатеринбург, 2018, 2019 гг.

Основные положения, выносимые на защиту:

- влияние генотипов соматотропина и лептина на молочную продуктивность коров (удой, МДЖ (массовая доля жира), МДБ (массовая доля белка));
- влияние генотипов соматотропина на возраст первого осеменения телок;
- влияние генотипов соматотропина и лептина на набор живой массы коров;
- влияние генотипов соматотропина и лептина на продолжительность хозяйственного использования;
- влияние комплексных генотипов на хозяйственно-ценные признаки коров.

Публикации результатов исследований. По материалам исследований опубликовано 10 научных работ, в том числе 5 – в журналах, рецензируемых

ВАК Министерства образования и науки РФ, 2 – в журналах, входящих в базы данных Web of Science и Scopus, 3 – в сборниках научных конференций.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 114 страницах печатного текста, состоит из введения, обзора литературы, материалы и методы исследований, результатов собственных исследований, выводов. Список литературы включает 172 источника, в том числе 25 иностранных. Диссертация включает 53 таблицы и 16 рисунков.

Соответствие паспорту специальности. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности: 4.2.5 – «Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных».

Личный вклад автора. Автором лично проведен подбор и анализ литературы, постановки генетического анализа полиморфизма генов соматотропина и лептина, статистическая обработка данных о хозяйственно-полезных признаках крупного рогатого скота, выполнены все поставленные цели и задачи. Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой и свидетельствует о высоком личном вкладе автора диссертации в зоотехническую науку в области молочного животноводства.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Условия проведения опыта. Исследование проведено в отделе животноводства и иммуногенетической экспертизы Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН.

Объектом исследования являлись коровы голштинизированного черно-пестрого скота третьей лактации и старше, принадлежащие сельскохозяйственным предприятиям Свердловской области АО «Каменское» (93 головы) и АО «Агрофирма «Патруши» (60 голов). Изучены полиморфизмы: гена лептина, гена соматотропина и комплексные генотипы, определенные с помощью ПЦР-ПДРФ анализа.

Выделение ДНК проводили согласно протоколу фирмы «Синтол». Выборку показателей хозяйственно-полезных признаков крупного рогатого скота и формирование групп по наибольшей лактации осуществляли по данным программы АРМ «Селэкс» (молочный скот).

Проведено генотипирование коров третьей лактации и старше по локусам соматотропина и лептина, и определена связь с молочной продуктивностью (удой, массовая доля жира, массовая доля белка) за первую, третью, последнюю законченную лактации и пожизненно. Проведена сортировка коров каждой сельскохозяйственной организации на группы с различными генотипами соматотропина, лептина и комплексными генотипами и проведен анализ его связи с уровнем удою, жира и белка в молоке, живой массой, возрастом первого осеменения, также выполнен расчет частоты встречаемости генотипов и аллелей соматотропина, лептина и комплексных генотипов. Выявлены показатели продуктивного долголетия животных с различным полиморфизмом генов.

Результаты исследований биометрически обработаны с использованием программ IBM SPSS Statistics 23, Microsoft Excel. Рассчитаны селекционно-

генетические параметры изучаемых признаков (удой, массовая доля жира, массовая доля белка), средняя арифметическая и ошибка средней арифметической ($X \pm Sx$) по методикам Е. К. Меркурьевой (1983) и Н.А. Плохинского (1969), критерий достоверности Стьюдента, проведен корреляционный анализ по Спирмену зависимостей изучаемых признаков от полиморфизма генотипов.

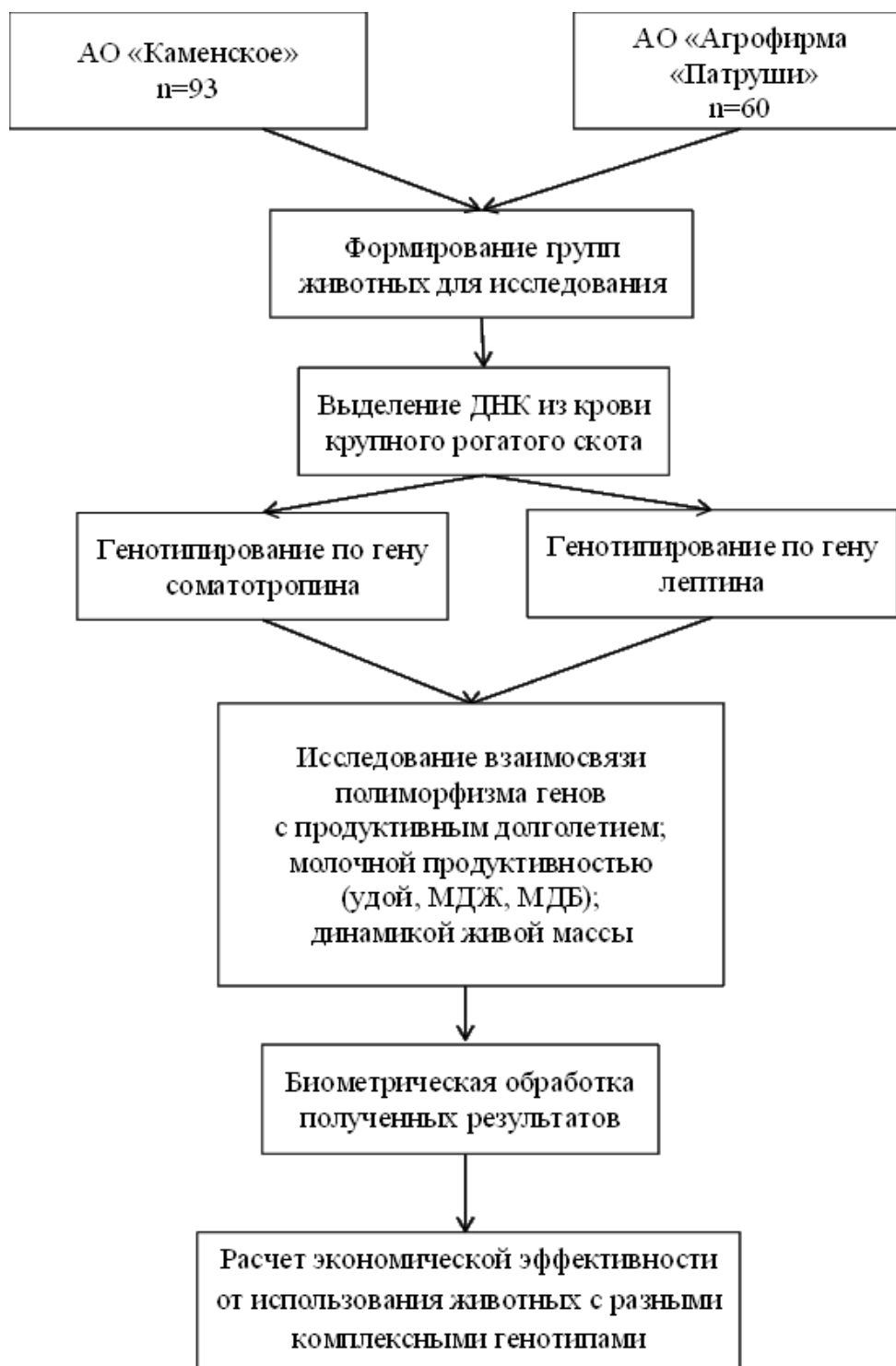


Рисунок 1 – Схема исследований

3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Влияние R25C-полиморфизма гена лептина на хозяйственно-полезные признаки коров

Для проведения исследований полиморфизма гена лептина выделено 93 образца крови от голштинизированного черно-пестрого скота, принадлежащих сельскохозяйственной организации АО «Каменское» и 60 образцов крови, принадлежащих АО «Агрофирма «Патруши». У образцов ДНК животных определен R25C-полиморфизм гена лептина.

Наибольшее распространение в голштинизированной черно-пестрой породе крупного рогатого скота получил генотип CR, его частота встречаемости практически достигает 50 %. Генотип CC имеет меньшую встречаемость – 31,2 % в АО «Каменское» и 30,1 % в АО «Агрофирма «Патруши» соответственно. Наиболее редким генотипом животных черно-пестрой породы является RR. Его встречаемость не превышала 25 %.

В таблице 1 представлено влияние различных генотипов лептина R25C на молочную продуктивность скота за 305 дней первой лактации в АО «Каменское».

Таблица 1 – Показатели молочной продуктивности за первую лактацию у коров с различными генотипами лептина (R25C) в АО «Каменское» (n=93) ($X \pm Sx$)

LEP	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
CC	6514±143	3,94±0,02	3,14±0,02	566±6
CR	6456±150	3,97±0,02	3,16±0,01	562±3
RR	6791±194	4,02±0,03	3,13±0,03	565±4
RR-CC	277	0,08**	-0,01	-1
RR-CR	335	0,05	-0,03	3
CC-CR	58	-0,03	-0,02	4

Примечание *- $p \leq 0,05$, ** - $p \leq 0,01$, *** - $p \leq 0,001$. Здесь и далее

По показателям за первую лактацию коровы с генотипом RR превосходят сверстниц по удою на 277-335 кг ($r_s=0,42$, $p \leq 0,001$), а с генотипом CR имеют повышенное содержание белка в молоке на 0,02-0,03 % по сравнению с носительницами генотипов CC и RR. Животные с генотипом CR также имеют пониженную живую массу. Наиболее высокие показатели массовой доли жира отмечаются у коров-носительниц генотипа RR – 4,02 %, что на 0,05-0,08 % выше, чем у сверстниц.

Таблица 2 – Показатели молочной продуктивности за первую лактацию у коров с различными генотипами лептина (R25C) в АО «Агрофирма «Патруши» (n=60) ($X \pm Sx$)

LEP	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
CC	8798±114	4,00±0,03	3,12±0,01	576±8
CR	8665±201	3,97±0,02	3,18±0,02	569±4
RR	8924±151	3,92±0,01	3,04±0,01	584±7
RR-CC	126	-0,08**	-0,08***	8
RR-CR	259	-0,05*	-0,14**	15
CC-CR	133	0,03	-0,06**	7

При исследовании показателей молочной продуктивности в зависимости от R25C-полиморфизма гена лептина выявлено, что лучшие результаты по удою за 305 дней первой лактации проявили коровы с генотипом RR. Разница со сверстницами составила 126-259 кг. Корреляция между удоем и генотипами составила 0,48 ($p \leq 0,001$). Также у этих животных наибольшая живая масса, составляющая 584 кг. Высокий уровень жира в молоке обнаружен у животных с генотипом CC. Он составляет 4 %. Коровы-носительницы генотипа CR демонстрируют лучшие показатели по содержанию белка в молоке. Разница со сверстницами составила 0,06-0,14 % ($p \leq 0,01$).

Влияние полиморфизма гена лептина R25C на молочную продуктивность коров за всю жизнь представлено в таблицах 3-4.

Таблица 3 – Показатели пожизненной молочной продуктивности коров в АО «Каменское» с различными генотипами лептина (R25C) (n=93) ($X \pm Sx$)

LEP	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
CC	30950±1015	3,98±0,01	3,19±0,01	630±9
CR	29244±1268	4,00±0,02	3,18±0,01	620±5
RR	31085±1879	4,01±0,02	3,15±0,01	630±9
RR-CC	135	0,03	-0,04***	-
RR-CR	1841	0,01	-0,03**	10
CC-CR	1706	-0,02	0,01	10

В АО «Каменское» за счёт увеличенного пожизненного удоя коровы с генотипом RR дают больше молока до 1841 кг за весь срок хозяйственно-полезного использования ($r_s=0,24$, $p \leq 0,01$), в то время как коровы с генотипами CC и CR склонны к повышенному содержанию белка в молоке на 0,03-0,04%, по сравнению с носительницами генотипа RR. Коровы-обладательницы генотипа RR также имеют незначительное увеличение массовой доли жира. Наиболее низкую живую массу имеют коровы с генотипом CR. Разница со сверстницами составляет 10 кг.

Таблица 4 – Показатели пожизненной молочной продуктивности коров в АО «Агрофирма «Патруши» с различными генотипами лептина (R25C) (n=60) ($\bar{X} \pm Sx$)

LEP	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
CC	52100±1050	4,00±0,01	3,17±0,03	640±8
CR	49124±540	3,95±0,02	3,21±0,02	643±4
RR	58534±910	3,93±0,01	3,13±0,02	646±6
RR-CC	6434***	-0,07***	-0,04	6
RR-CR	9410***	-0,02	-0,08*	3
CC-CR	2976	0,05*	-0,04	-3

В АО «Агрофирма «Патруши» коровы с генотипом RR имеют наиболее высокую продуктивность за всю жизнь, составляющую 58534 кг. Разница со сверстницами составляет 6434-9410 кг при $p \leq 0,001$. Корреляция между полиморфизмом гена лептина и удоем за всю жизнь составляет 0,48 при $p \leq 0,001$. Носительницы генотипа CC показывают высокое содержание жира в молоке – на 0,05-0,07 % выше, чем у сверстниц ($p \leq 0,05-0,001$). Лучшие результаты по содержанию белка в молоке демонстрируют коровы с генотипом CR – 3,21 %. Разница со сверстницами достигает 0,08 % ($p \leq 0,05$). Тенденцию к увеличению живой массы также показали коровы с генотипом RR.

Положительное влияние на срок хозяйственно-полезного использования оказывает генотип CR полиморфизма R25C гена лептина, его носительницы в среднем лактируют на 1,2-1,3 лактаций больше чем носительницы генотипов RR и CC ($p \leq 0,05$). Корреляционный анализ показал наличие слабых связей между генотипами коров и продолжительностью хозяйственного использования $r=0,34$ при $p \leq 0,01$. Данная взаимосвязь наблюдается у животных обоих исследованных племенных предприятий. Можно предположить, что гетерозиготные животные более устойчивы к болезням и неблагоприятным факторам, но уровень их молочной продуктивности ниже, чем у гомозиготных коров.

3.2. Y7F- полиморфизм гена лептина

Проведено исследование Y7F- полиморфизма гена лептина в выборке 93 голов крупного рогатого скота в АО «Каменское» и 60 голов в АО «Агрофирма «Патруши».

YF и FF генотипы в голштинизированной черно-пестрой породе встречаются очень редко. Y7F- полиморфизм в данной выборке отсутствует, и взаимосвязь данного полиморфизма с хозяйственно-полезными показателями коров черно-пестрой голштинизированной породы не установлена.

3.3. Взаимосвязь полиморфных вариантов гена лептина A80V и хозяйственно-полезных признаков коров

Проведено исследование A80V-полиморфизма гена лептина в выборке 60 голов крупного рогатого скота в АО «Каменское» и 60 голов в АО «Агрофирма «Патруши».

В популяции исследованных коров SNP лептина A80V преобладает генотип AA – 56,7-58,3 % в обеих сельскохозяйственных организациях. Встречаемость генотипа AV ниже 26,7%. Генотип VV в голштинизированной чернопестрой породе является редким. Его частота встречаемости не превышает 17 %. В таблицах 5-6 представлено влияние различных генотипов лептина A80V на молочную продуктивность коров за 305 дней первой лактации.

Таблица 5 – Показатели молочной продуктивности и живой массы коров за первую лактацию с различными генотипами лептина (A80V) в АО «Каменское» (n=60) ($X \pm Sx$)

LEP	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
AA	6806±111	3,95±0,02	3,13±0,01	591±3
AV	6594±239	4,03±0,01	3,17±0,02	582±9
VV	6398±127	3,98±0,03	3,10±0,03	571±10
AA-VV	408	-0,03	0,03	20*
AA-AV	212	-0,08***	-0,04*	9
AV-VV	196	0,05	0,07*	11

В АО «Каменское» животные с генотипом AA по полиморфизму A80V превосходили сверстниц по удою на 212-408 кг ($r_s=0,38$, $p \leq 0,01$), в то время как носительницы генотипа AV показывали более высокое содержание жира и белка в молоке на 0,04-0,08 % ($p \leq 0,05$), ($r_s=0,44-0,45$, $p \leq 0,001$). Носительницы генотипа AA демонстрировали лучшие результаты по набору живой массы.

Таблица 6 – Показатели молочной продуктивности и живой массы коров за первую лактацию с различными генотипами лептина (A80V) в АО «Агрофирма «Патруши» (n=60) ($X \pm Sx$)

LEP	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
AA	9398±201	3,96±0,02	3,10±0,02	579±12
AV	9145±186	4,00±0,01	3,14±0,01	575±5
VV	8285±504	3,94±0,04	3,09±0,03	570±5
AA-VV	1113*	0,02	0,01	9
AA-AV	253	-0,04*	-0,04*	4
AV-VV	860**	0,06	-0,05	5

В АО «Агрофирма «Патруши» коровы с генотипом AA показывали высокие удои за 305 дней лактации. Коровы-носительницы генотипа AV превышали сверстниц по показателям жира и белка в молоке на 0,04-0,06 % ($p \leq 0,05$), ($r_s=0,47$, $p \leq 0,001$). Большую живую массу демонстрировали коровы с генотипом AA.

Влияние полиморфизма гена лептина A80V на молочную продуктивность за всю жизнь представлено в таблицах 7-8.

Таблица 7 – Показатели молочной продуктивности и средней живой массы коров пожизненно с различными генотипами лептина (A80V) в АО «Каменское», (n=60) ($X \pm Sx$)

LEP	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
AA	33056±1041	3,97±0,02	3,16±0,02	650±9
AV	29440±1210	4,00±0,03	3,19±0,03	626±7
VV	28950±2144	3,99±0,02	3,13±0,01	618±5
AA-VV	4106**	-0,02	0,03	32**
AA-AV	3616*	-0,03	-0,03*	24*
AV-VV	490	0,01	-0,06	8

За счёт того, что удой коров-носительниц генотипа AA выше, то и пожизненный показатель превышает показатели сверстниц на 3616-4106 кг ($p \leq 0,05-0,01$) ($r_s=0,49$, $p \leq 0,001$). Коровы с генотипом AA показывают увеличение живой массы по сравнению с сверстницами на 24-32 кг ($p \leq 0,05-0,01$). Наблюдается связь генотипа AV с повышенным процентом белка и жира молока на 0,01-0,06% по сравнению с носительницами других генотипов ($r_s=0,34-0,47$, $p \leq 0,001$).

Таблица 8 – Показатели молочной продуктивности и живой массы коров пожизненно с различными генотипами лептина (A80V) в АО «Агрофирма «Патруши» (n=60) ($X \pm Sx$)

LEP	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
AA	53863±901	3,93±0,02	3,16±0,03	659±8
AV	52687±2080	4,00±0,02	3,21±0,01	647±11
VV	46120±1300	3,94±0,01	3,14±0,02	645±7
AA-VV	7743**	-0,01	0,02	14
AA-AV	1176	-0,07**	-0,05**	12
AV-VV	6567*	0,06*	0,07**	-2

В АО «Агрофирма «Патруши» разница между носительницами генотипа AA и сверстницами по удою достигала 7743 кг ($p \leq 0,01$) ($r_s=0,42$, $p \leq 0,001$). Также коровы с генотипом AA имели высокий уровень живой массы, составляющий 659 кг. Коровы с генотипом AV демонстрировали лучшие результаты по массовой доле жира и белка ($r_s=0,44-0,46$, $p \leq 0,001$). Разница со сверстницами по содержанию жира составила 0,06-0,07 % ($p \leq 0,05-0,01$), по содержанию белка – 0,05-0,07 % ($p \leq 0,01$).

Полиморфизмы гена лептина оказывают значительное влияние на продолжительность сроков хозяйственно-полезного использования.

Генотип VV полиморфизма лептина A80V оказывает отрицательное влияние на продолжительность продуктивного долголетия животных, так его носительницы в среднем живут меньше на 0,6-2,1 лактации, чем носительницы генотипов AA и AV. Высокие показатели продолжительности хозяйственного ис-

пользования обнаружены у коров с генотипом AA в обеих сельскохозяйственных организациях ($r_s=0,52$, $p\leq 0,001$). Можно предположить, что наличие аллеля A положительно влияет на здоровье животных.

3.4 Полиморфизм гена соматотропина и его влияние на показатели хозяйственно-полезных признаков коров

Проведено исследование LV-полиморфизма гена соматотропина в выборке 93 голов крупного рогатого скота в АО «Каменское» и 60 голов в АО «Агрофирма «Патруши».

Изучена частота встречаемости генотипов гена соматотропина у исследованных животных. В АО «Каменское» большинство животных имели генотип LL – 74,2%. Коров с генотипом LV и VV меньше – 21,5% и 4,3% соответственно. В АО «Агрофирма «Патруши» наблюдается аналогичное распределение. Доля животных с генотипом LL составляет 75,0 %. Коровы с генотипом LV встречаются реже – 23,3 %. Коровы с генотипом VV встречаются в единичных случаях.

В таблицах 9-10 приведены результаты исследования связи генотипов соматотропина с хозяйственно-полезными признаками коров за первую лактацию.

Таблица 9 – Показатели молочной продуктивности и живой массы коров за первую лактацию с различными генотипами соматотропина (GH) в АО «Каменское» (n=93) ($X \pm Sx$)

GH	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
LL	8050±110	3,98±0,01	3,11±0,03	510±2
LV	7506±140	3,91±0,02	3,02±0,01	505±2
VV	5434±815	4,07±0,03	3,22±0,02	485±6
LV-LL	-544**	-0,07**	-0,09**	-5
VV-LL	-2616**	0,09**	0,11***	-25***

Показатели коров с генотипом LL по первой лактации превосходили показатели животных с генотипом LV на 544 килограмма молока по удою при $p\leq 0,01$, а с генотипом VV на 2616 килограмма молока по удою за 305 дней лактации при $p\leq 0,05$ ($r_s=0,44$, $p\leq 0,001$). Носители генотипа LL и на 5 килограмм по живой массе превышали носителей генотипа LV ($p\leq 0,01$) и на 25 килограмм носителей VV при $p\leq 0,001$. Содержание жира животных с генотипом VV было выше, чем у животных с генотипом LL на 0,09 %, а с генотипом LV на 0,16 % при $p\leq 0,01-0,001$ ($r_s=0,42$, $p\leq 0,001$). По содержанию белка также носительницы генотипа VV превышали носительниц LL на 0,11 %, а носительниц LV на 0,2 % ($p\leq 0,001$).

Таблица 10 – Показатели молочной продуктивности и живой массы коров за первую лактацию с различными генотипами соматотропина (GH) в АО «Агрофирма «Патруши» (n=60) ($X \pm Sx$)

Генотип соматотропина (GH)	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
LL	9910±163	3,97±0,02	3,12±0,03	578±9
LV	9760±145	4,03±0,01	3,13±0,02	561±6
VV	8523±204	4,08±0,02	3,13±0,01	558±4
LV-LL	-150	0,06**	0,01	-17
LV-VV	1237***	-0,05*	-	3

В АО «Агрофирма «Патруши» животные с генотипом LL значительно превосходят коров с генотипом VV по удою. Разница составила 1237 кг ($p \leq 0,001$) ($r_s = 0,31$, $p \leq 0,01$). Также коровы с генотипом LL обладают большей живой массой на 17 кг превышающей массу коров с генотипом LV. Животные с генотипом VV демонстрировали лучшие показатели содержания жира в молоке ($r_s = 0,36$, $p \leq 0,01$). Разница со сверстницами составила 0,05-0,11 % ($p \leq 0,05-0,001$).

В таблицах 11-12 представлены результаты исследований связи генотипов соматотропина с хозяйственно-полезными показателями коров за всю жизнь.

Таблица 11 – Показатели пожизненной молочной продуктивности и живой массы коров с различными генотипами соматотропина (GH) в АО «Каменское» (n=93) ($X \pm Sx$)

Генотип соматотропина (GH)	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
LL	30120±2408	3,89±0,01	3,18±0,01	623±5
LV	27383±1264	3,89±0,01	3,17±0,02	634±9
VV	23117±853	3,87±0,02	3,21±0,01	605±18
LV-LL	-2737	-	-0,01	11
VV-LL	-7003**	-0,02	0,03	-18
LV-VV	4266**	0,02	-0,04***	29

Животные с генотипом LL имеют наивысший пожизненный удой. Разница со сверстницами составила 2737-7003 кг при $p \leq 0,01$ ($r_s = 0,48$, $p \leq 0,001$). Коровы с генотипом LV показали лучшие результаты по живой массе. Разница по живой массе составила 11-29 кг. Носительницы генотипа VV имели лучшие результаты по содержанию белка в молоке. Разница составила 0,03-0,04 % ($r_s = 0,36$, $p \leq 0,01$).

Таблица 12 – Показатели пожизненной молочной продуктивности и живой массы коров с различными генотипами соматотропина (GH) в АО «Агрофирма «Патруши» (n=60) ($X \pm Sx$)

Генотип соматотропина (GH)	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
LL	54111±516	4,02±0,03	3,16±0,01	656±17
LV	48705±463	4,01±0,01	3,13±0,02	639±3
VV	45347±741	3,89±0,04	3,24±0,03	619±13
LV-LL	-5406***	-0,01	-0,03	-17
VV-LL	-8764***	-0,03	0,08*	-37
LV-VV	3358***	0,02	-0,11***	20

В АО «Агрофирма «Патруши» наблюдается аналогичная связь по удою за 305 дней лактации. Коровы-носительницы генотипа LL превосходят сверстниц на 5406-8764 кг при $p \leq 0,001$ ($r_s = 0,51$, $p \leq 0,001$). Коровы с генотипом LL имели большую живую массу, чем коровы с другими генотипами. Разница по живой массе составила 17-37 кг. Носительницы генотипа VV обладали наивысшей МДБ. Разница со сверстницами составила 0,08-0,11 % при $p \leq 0,05$ -0,001 ($r_s = 0,44$, $p \leq 0,001$). У животных с генотипом LV в обеих исследованных сельскохозяйственных организациях, в среднем, продолжительность хозяйственно-полезного использования дольше, чем у коров с генотипом LL на 0,4 ($p \leq 0,05$), а животных с генотипом VV на 1,6-2,1 ($p \leq 0,05$) ($r_s = 0,32$, $p \leq 0,01$).

3.5. Комплексные генотипы и их связь с хозяйственно-полезными признаками крупного рогатого скота

У 60 животных АО «Каменское» и 60 голов АО «Агрофирма «Патруши» определены комплексные генотипы по соматотропину и лептину. Исходя из данных таблицы, следует, что наиболее распространенными комплексными генотипами являются LLCRAV – 18,3 %, LLRRAA – 16,7 %, LLCRAA – 15 %, LVRRAA и LLCCVV – 11,7 %. Крайне редкими генотипами черно-пестрой породы определены LVCRAA и VVCRAV. Их частота встречаемости составляет 1,7 %. Генотипы LVCCAA, LVCRAV, VVCCAA, VVCCAV, VVCCVV, VVCRAA отсутствовали в выборке АО «Каменское».

Ряд генотипов не встречается в связи с парным наследованием, генотип VV SNP A80V сцеплен с генотипом CC SN PR25C, в то время как генотип RR SNP A25C встречается только совместно с генотипом AA SNP A80V В АО «Агрофирма «Патруши» лидирующее положение по частоте встречаемости занимает генотип LLRRAA – 18,3 %. Широкое распространение получили генотипы LLCRAA и LLCCAA. Их частота встречаемости составляет 16,7 и 15,0 % соответственно. Встречаемость генотипов LLCRAV и LVRRAA 10 %. Редкими генотипами являются LVCCVV и VVCCAV.

В таблицах 13-14 отражена зависимость молочной продуктивности за первую лактацию от комплексных генотипов.

Таблица 13 – Показатели молочной продуктивности коров с различными комплексными генотипами соматотропин + лептин за 305 дней первой лактации в АО «Каменское» (n=58) ($X \pm Sx$)

Комплексный генотип	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
LLCCAA	5980±605	3,97±0,08	3,18±0,03	553±5
LLCCVV	6108±488	3,95±0,06	3,19±0,03	589±5***
LLCRAA	6369±322	3,90±0,03	3,20±0,02	562±7
LLCRAV	7146±442	3,85±0,04	3,18±0,02	567±6
LLRRAA	5934±409	3,91±0,05	3,19±0,02	562±4
LVCCVV	6506±686	3,98±0,05	3,17±0,05	553±7
LVRRAA	7285±546	3,87±0,05	3,16±0,02	575±18

Наиболее высоким удоим за 305 дней первой лактации обладают коровы с генотипом LVRRAA. Его носительницы превышают коров с генотипом LLRRAA на 1351 кг и коров с генотипом LLCCAA на 1305 кг ($r_s=0,33$, $p \leq 0,01$). Наивысшие показатели по содержанию жира в молоке у коров с генотипом LVCCVV – 3,98 %, по содержанию белка в молоке у носительниц LLCRAA – 3,2 %. Показатели живой массы коров за первую лактацию у коров с LLCCVV выше на 36 кг животных с генотипами LLCCAA и LVCCVV ($p \leq 0,001$).

Таблица 14 – Показатели молочной продуктивности коров с различными комплексными генотипами соматотропин + лептин за 305 дней первой лактации в АО «Агрофирма «Патруши» (n=58) ($X \pm Sx$)

Комплексный генотип	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
LLCCAA	7952±204	3,86±0,04	3,12±0,02	565±11
LLCCAV	9145±185	3,96±0,02	3,10±0,01	571±5
LLCCVV	8693±320	3,74±0,03	3,11±0,01	578±4***
LLCRAA	8321±175	4,01±0,01	3,16±0,02	569±9
LLCRAV	9132±254	4,12±0,01	3,17±0,03	545±8
LLRRAA	8978±198	3,85±0,04	3,11±0,02	569±15
LVCCAV	7966±301	4,02±0,02	3,09±0,02	571±5
LVCRAV	8542±224	3,71±0,02	3,14±0,01	548±8
LVCRAA	9234±218	4,00±0,01	3,18±0,03	569±4
LVRRAA	9563±113***	4,02±0,03	3,15±0,02	554±6

Наивысший удой за первую лактацию показывают коровы-носительницы генотипа LVRRAA. Разница со сверстницами достигает 1611 кг ($p \leq 0,001$), корреляция составила $r=0,46$ при $p \leq 0,001$. По МДЖ лучшие показатели у животных с генотипом LLCRAV – 4,12 %. Коровы, имеющие генотип LVCRAA, демонстрируют лучшие показатели по МДБ – 3,18 % ($r_s=0,26$, $p \leq 0,05$). Высокий показатель по набору живой массы обнаружен у животных с генотипом LLCCVV. Разница с носительницами LLCRAV составила 33 кг ($p \leq 0,001$).

В таблицах 15-16 отражена зависимость пожизненной молочной продуктивности от комплексных генотипов.

Таблица 15 – Влияние комплексных генотипов соматотропин + лептин на показатели пожизненной продуктивности в АО «Каменское» (n=58) ($X \pm Sx$)

Комплексный генотип	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
LLCCAA	22524±2278	3,87±0,02	3,15±0,01	613±12
LLCCVV	26119±2245	3,89±0,02	3,18±0,01	645±8
LLCRAA	24454±1787	3,86±0,02	3,16±0,01	606±7
LLCRAV	28099±2406	3,88±0,01	3,19±0,01	625±5
LLRRAA	31829±1655	3,90±0,01	3,21±0,01	642±14
LVCCVV	30867±2643	3,92±0,04***	3,27±0,03***	633±9
LVRRAA	31899±1544**	3,91±0,03	3,22±0,01	625±12

При исследовании пожизненной молочной продуктивности коров в зависимости от комплексных генотипов по соматотропину и лептину выявлено, что наивысший удой наблюдается у коров с генотипом LVRRAA и составляет 31899 кг ($r_s=0,45$, $p \leq 0,001$). Разница со сверстницами достигает 9375 кг ($p \leq 0,01$). Носительницы генотипа LVCCVV показывают высокие показатели по МДЖ и МДБ. Разница составляет 0,05-0,12 % ($p \leq 0,001$). Повышенная живая масса выявлена у коров с генотипами LLRRAA и LLCCVV.

Таблица 16 – Влияние комплексных генотипов соматотропин + лептин на показатели пожизненной продуктивности в АО «Агрофирма «Патруши» (n=58) ($X \pm Sx$)

Комплексный генотип	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
LLCCAA	44223±1152	3,98±0,04	3,18±0,01	674±13
LLCCAV	47896±1264	4,00±0,03	3,13±0,04	671±9
LLCCVV	51203±708	3,97±0,03	3,15±0,03	695±26
LLCRAA	50665±812	3,65±0,02	3,15±0,03	652±21
LLCRAV	50874±1144	4,11±0,03	3,17±0,06	633±8
LLRRAA	47320±1876	4,02±0,02	3,16±0,03	647±5
LVCCAV	51479±965	3,87±0,05	3,14±0,03	678±14
LVCRAV	49811±325	3,98±0,04	3,18±0,02	680±17
LVCRAA	48633±896	4,13±0,02	3,19±0,04	672±24
LVRRAA	55632±614	3,85±0,03	3,16±0,02	653±18

В АО «Агрофирма «Патруши» у коров с генотипом LVRRAA отмечены высокие показатели пожизненного удоя, составляющие 55632 кг ($r_s=0,43$, $p \leq 0,001$). Наивысшая живая масса установлена у коров-носительниц генотипа LLCCVV. Высокие показатели по МДЖ и МДБ демонстрируют животные с генотипом LVCRAA. Разница со сверстницами достигает 0,06-0,48 %.

Наибольшее количество лактаций и дойных дней наблюдается у коров с генотипами LLCRAA и LVRRAA. Разница со сверстницами составляет 1,3 лактации и 312 дойных дней. При этом наивысшая молочная продуктивность за 1 день отмечена у коров с генотипом LVRRAA и составляет 25 кг.

3.6. Экономическая эффективность селекции крупного рогатого скота по комплексным генотипам соматотропина и лептина

Расчет экономической эффективности получения дополнительной молочной продукции при использовании комплексного генотипирования коров по генам соматотропина и лептина проведен из соотношения стоимости молока за всю жизнь коров с разными комплексными генотипами и расходов на содержание коров за всю жизнь. У коров разных генотипов сроки продуктивного долголетия и сроки осеменения отличались, и все животные одной сельскохозяйственной организации находились в одинаковых условиях содержания и кормления, поэтому стоимость пожизненного содержания одной коровы рассчитывалась исходя из сроков её продуктивного долголетия. За контроль принималась стоимость молока за всю жизнь коров с наименьшим удоем и большим распространением в выборке. Дополнительными затратами при использовании отбора животных по комплексным генотипам служит определение комплексных генотипов соматотропина и лептина, составляющее 1050 рублей на одну голову.

Разведение коров-носительниц генотипа LVRRAA выгодно сельскохозяйственным организациям. Разница в прибыли за реализованное за всю жизнь молоко составила 208460 рублей в АО «Каменское» и 232736 рублей в АО «Агрофирма «Патруши» по сравнению с контрольными группами. Рентабельность за счет селекции животных с генотипом LVRRAA в АО «Каменское» достигает 23,7 %, а в АО «Агрофирма «Патруши» – 15,5%.

ВЫВОДЫ

1. Исследование R25C-полиморфизма гена лептина показало, что наиболее распространены животные с генотипом CR – 45,1-47,3 % и с аллелем C – 0,52-0,55. При изучении A80V-полиморфизма гена лептина установлено, что у коров преобладает генотип AA – 56,7-58,3 % и аллель A – 0,70-0,72. В голштинизированной черно-пестрой породе Y7F-полиморфизм гена лептина представлен только одним генотипом – YY. В ходе исследования частоты встречаемости генотипов и аллелей LV-полиморфизма гена соматотропина выявлено, что наибольшее распространение получил генотип LL – 74,2-75,0 % и аллель L – 0,84-0,86. Среди комплексных генотипов по генам соматотропина и лептина часто встречаются генотипы LLCRAV и LLRRAA – 18,3 %.

2. Наивысшие показатели удоя по первой, третьей и пожизненной продуктивности установлены у коров с генотипом RR по R25C-полиморфизму гена лептина. Разница со сверстницами доходила до 1800 кг. Значимого влияния гена лептина R25C на массовую долю жира и белка в молоке и живую массу коров в ходе исследования не установлено. Максимальная продолжительность

хозяйственного использования наблюдается у коров с генотипом CR и составляет 4,8 лактаций. Животные с генотипом CR также имели наиболее низкий возраст первого осеменения, составляющий 14,1-16,2 месяцев. Взаимосвязи между SNP R25C гена лептина и причинами выбытия коров не установлены.

3. При исследовании A80V-полиморфизма гена лептина выявлено, что удои коров-носительниц генотипа AA за первую лактацию выше, чем носительниц AV и VV. Носительницы генотипа AV имеют более высокое содержание жира и белка в молоке, на 0,05-0,07 % выше, чем у сверстниц. Наличие в генотипе аллеля A полиморфизма гена лептина A80V обуславливает более длительный период хозяйственно-полезного использования на 1,6-2,1 лактации, чем у носительниц гомозиготы VV. Животные с генотипом VV также имели более высокую массу и увеличенный возраст первого осеменения. Взаимосвязи между A80V полиморфизмом гена лептина и причинами выбытия коров не установлены.

4. Наивысшие показатели по удою за первую, третью, последнюю законченную лактацию и по пожизненному удою выявлены у коров с генотипом LL по LV-полиморфизму гена соматотропина. Разница со сверстницами составила 500-1500 кг, а по пожизненному удою достигала 8000 кг. Лучшие показатели МДБ отмечены у животных с генотипом VV. Разница со сверстницами составила 0,06-0,41 %. Генотип имеющий тенденцию к увеличению массовой доли жира не выявлен. Наивысшая продолжительность хозяйственного использования у коров с генотипом LV – 3,9-4,1 лактаций. Телки-носительницы генотипа LL быстрее набирают живую массу, необходимую для первого осеменения. Разница со сверстницами составила 11-27 дней. Исследование причин выбытия коров в зависимости от генотипов соматотропина не выявило закономерностей.

5. При исследовании связи комплексных генотипов с показателями удои коров выявлено, что наивысший удои за первую, третью, последнюю законченную лактацию и пожизненный удои у коров с генотипом LVRRAA, разница составляет 1100-2600 кг, а по пожизненной продуктивности доходит до 11000 кг. Наивысшие показатели по МДБ демонстрируют носительницы генотипа LVCRAA. Комплексный генотип, отвечающий за увеличение массовой доли жира, не выявлен. Наибольшая продолжительность хозяйственного использования также у коров с генотипом LVCRAA – 4,8 лактаций, при этом животные с LVRRAA имеют наивысший удои за дойный день, составляющий 25-35 кг. Телки с генотипом LLCRAV осеменялись раньше сверстниц на 51-71 день. Взаимосвязи между комплексными генотипами по соматотропину и лептину и причинам выбытия коров не установлено.

6. Экономическая эффективность от использования коров с генотипом LVRRAA составляет 46620-232736 рублей, а рентабельность достигает 23,7 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Зоотехникам и специалистам сельскохозяйственных организаций для повышения объемов производства молока рекомендуется вести селекцию крупного рогатого скота на увеличение количества животных носителей генотипов LVRRAA и LVCRAA. Распространение комплексного генотипа LVRRAA в стадах позволит увеличить пожизненный удой на 7-8 тысяч литров на голову. С целью возрастания сроков хозяйственного использования коров предлагаем увеличивать количество животных с генотипом LVCRAA.

Селекционерам рекомендуется подбор быков-производителей, имеющих желаемые комплексные генотипы при их закреплении в стадах для ведения направленной селекции.

Специалистам племенных центров рекомендуется определение комплексных генотипов и внесение их в каталог быков-производителей.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Планируется определение генотипов соматотропина и лептина у герефордской, симментальской и абердин-ангусской пород. Также будут проведены исследования полиморфизма таких генов, как В-лактоглобулин, каппа-казеин, В-казеин, пролактин и связи генотипов с хозяйственно-полезными признаками, что позволит совершенствовать генофонд крупного рогатого скота с использованием современных достижений генетики.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных журналах:

1. **Ярышкин А.А.** Влияние полиморфных вариантов гена соматотропина на молочную продуктивность // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 279-291.
2. **Ярышкин А.А.** Зависимость продуктивного долголетия коров от полиморфизма гена соматотропина // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2020. № 1 (45). С. 9-11.
3. **Ярышкин А.А., Шаталина О.С., Лешонок О.И.** Ассоциации полиморфных вариантов гена соматотропина с хозяйственно-ценными показателями коров // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 60-70.
4. Шаталина О.С., Ткаченко И.В., **Ярышкин А.А.** Генетическая структура популяции голштинизированного черно-пестрого скота по микросателлитным локусам // Генетика. 2021. Т. 57. № 2. С. 205-213.
5. **Ярышкин А.А., Шаталина О.С., Лешонок О.И., Ковалюк Н.В.** Влияние полиморфизма гена лептина на хозяйственно-полезные признаки крупного рогатого скота // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (93). С. 260-264.

6. **Ярышкин А.А.**, Шаталина О.С., Ткаченко И. В., Лешонок О.И. Ассоциации полиморфизма гена соматотропина (GH) с показателями молочной продуктивности коров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53, № 4. – С. 107-113.

Публикации в журналах, индексируемых Web of Science и Scopus:

7. **Yaryshkin A.A.**, Tkachenko I.V., Leshonok O.I. Correlation between the age of heifers' first successful insemination and LV-poliformism of somatotropin gene // *Reproduction in Domestic Animals*. 2019. Т. 54. № S 3. С. 101.

8. Shatalina O.S., Tkachenko I.V., **Yaryshkin A.A.** Genetic structure of the population of holstein black-and-white cattle by microsatellite loci // *Russian Journal of Genetics*. 2021. Т. 57. № 2. С.196-203.

Публикации в других изданиях

9. **Ярышкин А.А.**, Ткаченко И.В., Шаталина О.С. Ген соматотропина как маркер молочной продуктивности // Сборник трудов конференции «Эколого-биологические проблемы использования природных ресурсов в сельском хозяйстве». 2015. С. 190-194.

10. **Ярышкин А.А.** Соматотропин и лептин и их связь с хозяйственно-полезными признаками крупного рогатого скота // Сборник трудов конференции «Эколого-биологические проблемы использования природных ресурсов в сельском хозяйстве». 2018. С. 317-322.

11. **Ярышкин А.А.**, Шаталина О.С. Влияние геновариантов соматотропина на молочную продуктивность коров // Сборник тезисов докладов 19-ой Всероссийской конференции молодых учёных, посвященной памяти академика РАСХН Георгия Сергеевича Муромцева «Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии». 2019. С. 151-152.