

На правах рукописи

**ГАНИЕВ АЛМАЗ САЛЯХУТДИНОВИЧ**

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ПЕРВОТЕЛОК ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ С  
РАЗНЫМИ ГЕНОТИПАМИ КАППА-КАЗЕИНА И ДИАЦИЛГЛИЦЕРОЛ  
О-АЦИЛТРАНСФЕРАЗЫ**

06.02.07 – разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени кандидата  
биологических наук

Казань – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ)

**Научный руководитель:** **Сибгатуллин Фатих Саубанович**  
доктор ветеринарных наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Калашникова Любовь Александровна**  
доктор биологических наук, профессор,  
заведующая лабораторией ДНК-технологий  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела»

**Зиннатова Фарида Фатиховна**  
кандидат биологических наук, заместитель  
руководителя по научной работе ТатНИИСХ –  
обособленное структурное подразделение  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки «Федеральный  
исследовательский центр» «Казанский научный  
центр Российской академии наук»

**Ведущая организация:** ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет»

Защита диссертации состоится «23» апреля 2019 года в 12<sup>30</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 220.034.02 при ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана» по адресу: 420029, г. Казань, ул. Сибирский тракт, 35.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана» и на сайте <http://kazanveterinary.ru>

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года и размещен на сайтах: <http://www.vak.ed.gov.ru> и <http://kazanveterinary.ru>

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Р.А. Асрутдинова

## 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Одной из главных задач в области молочного скотоводства является увеличение продуктивности животных и получение молочной продукции высокого качества.

В настоящее время животноводство носит интенсивный характер, и решение проблемы повышения производства молока в большинстве своем зависит от правильной селекционной работы. Притом, что генетический потенциал молочного скота уже находится на высоком уровне, перед селекционерами стоит вопрос его более полного раскрытия (А.И. Любимов, 2015; В.М. Юдин и др., 2016). Для этого возможно использование ДНК-маркеров молочной продуктивности. Одними из таких маркеров являются гены каппа-казеина и диацилглицерол О-ацилтрансферазы.

Применение в скотоводстве генетических маркеров, которые отвечают за показатели молочной продуктивности, позволяет улучшить хозяйственно-полезные характеристики крупного рогатого скота (G. Thaller, 2003; Л.А. Калашникова и др., 2008; Т.М. Ахметов, 2009; Я.А. Хабибрахманова, 2009; Н.А. Зиновьева и др., 2010; Ф.С. Сибагатуллин и др., 2010; Т.Х. Фаизов и др., 2011; Ф.Ф. Зиннатова, 2013; Н.О. Тельнов, 2017; Р.Р. Шайдуллин и др., 2017).

Несмотря на ряд преимуществ по сравнению с другими породами, черно-пестрая порода скота нуждается в дальнейшем повышении молочной продуктивности за счет применения как традиционных методов селекции, так и ДНК-маркеров.

Анализ основных параметров хозяйственно-полезных признаков черно-пестрого скота с разными генотипами маркерных генов в условиях Республики Татарстан является актуальным.

**Степень разработанности темы.** Многочисленными научными исследованиями выявлено влияние аллельных вариантов генов каппа-казеина и диацилглицерол О-ацилтрансферазы на молочную продуктивность, технологические свойства молока и воспроизводительные качества молочного скота (М. Алипанах, 2006; А.М. Артемьев, 2007; Т.М. Ахметов и др., 2007, 2009, 2011; А.Р. Галямова, 2008; Л.А. Калашникова и др., 2009; Ф.Ф. Зиннатова, 2010, 2014; С.В. Тюлькин и др., 2011; Ш.К. Шакиров и др., 2012; Ф.Р. Валитов и др., 2014; Р.Р. Шайдуллин, 2017). Эти работы в основном направлены на установление ассоциации полиморфизма маркерных генов с продуктивными качествами животных, но не освещены вопросы наследуемости показателей молочной продуктивности. Наша работа существенно восполняет эти исследования в плане изучения изменения молочной продуктивности при влиянии различных факторов у коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1.

**Цель работы** изучение продуктивных качеств и их обусловленность различными факторами у коров-первотелок черно-пестрой породы с разным генотипом каппа-казеина и диацилглицерол О-ацилтрансферазы.

В связи с этим были поставлены **задачи**:

- изучить молочную продуктивность коров с разными генотипами CSN3, DGAT1 и обусловленность её паратипическими и генетическими факторами;

- оценить силу и долю влияния отдельных факторов на уровень удоя коров;
- установить особенности воспроизводительной способности при разном уровне удоя у коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1;
- изучить изменение характера связи между основными компонентами молока в зависимости от уровня молочной продуктивности;
- определить наследуемость показателей молочной продуктивности коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1;
- рассчитать экономическую эффективность использования коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1.

**Научная новизна.** Впервые в условиях Республики Татарстан проведено изучение молочной продуктивности в зависимости от различных факторов у коров черно-пестрой породы с аллельными вариантами генов каппа-казеина и диацилглицерол О-ацилтрансферазы. Установлены оптимальные параметры паратипических и генетических факторов, влияющих на продуктивные качества животных с разными аллельными вариантами генов CSN3 и DGAT1. Получены новые данные по наследуемости показателей молочной продуктивности у коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1 и определена доля влияния на удой паратипических и генетических факторов.

**Теоретическая и практическая значимость.** Проведенные исследования позволили получить данные о достоверном влиянии ряда факторов на молочную продуктивность коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1. Проведенные исследования позволили выявить оптимальные параметры продуктивных качеств у коров разными генотипами CSN3 и DGAT1. В процессе исследований установлена целесообразность использования животных, имеющих в своем геноме аллель В каппа-казеина и аллель К диацилглицерол О-ацилтрансферазы, для повышения продуктивных показателей.

Полученные данные будут использованы при составлении программ племенной работы с черно-пестрой породой, а также при разведении черно-пестрого скота путем отбора животных желательных генотипов.

Материалы диссертации используются в образовательном процессе ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет».

**Методология и методы исследований.** В исследованиях изучены продуктивные качества черно-пестрого скота с использованием общепринятых зоотехнических методов. Для генотипирования животных использованы молекулярно-генетические методы. Биометрическую и статистическую обработку данных проводили с использованием компьютерных программ.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- молочная продуктивность коров с разным генотипом CSN3 и DGAT1 изменяется в зависимости от паратипических и генетических факторов;
- уровень продуктивности связан с воспроизводительными качествами коров, имеющих разные генотипы CSN3 и DGAT1;
- степень наследуемости показателей молочной продуктивности у коров разных генотипов CSN3 и DGAT1 высокая;

- экономическая эффективность использования коров разная в зависимости от генотипа CSN3 и DGAT1.

**Степень достоверности и апробация результатов.** При проведении исследований изучено достаточное количество материала, полученные данные статистически обработаны, вычислены критерии достоверности.

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» (г. Казань, 2012-2016 гг.); всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные разработки ученых – АПК России» (г. Казань, 2013 г.); международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров, студентов «Вклад молодых ученых в аграрную науку» (г. Самара, 2013 г.); всероссийской конференции молодых ученых «Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии» (г. Москва, 2014, 2018 г.).

**Публикация результатов исследований.** По материалам исследований опубликовано 9 научных статей, в том числе 4 в изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации, 1 в изданиях, входящих в базу данных Web of Science.

**Структура и объём работы.** Диссертационная работа изложена на 139 страницах компьютерного текста, содержит 34 таблицы, 3 рисунка и состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследований, результатов собственных исследований, заключения, списка использованной литературы и приложения. Список литературы включает 267 источников, в том числе 87 на иностранном языке.

## **2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Работа по теме диссертации выполнена на кафедре биотехнологии, животноводства и химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный аграрный университет».

Исследования проводились в период 2009-2017 годы в условиях племенного репродуктора ООО «Дусым» Атнинского района Республики Татарстан. Научно-хозяйственный опыт поставлен согласно схеме исследований (рис. 1).

Объектом исследования служили коровы-первотелки черно-пестрой породы с разным генотипом по генам каппа-казеина (CSN3) и диацетилглицерин О-ацетилтрансферазы (DGAT1).

Из числа исследованных первотелок были сформированы опытные группы в соответствии с установленными генотипами CSN3 и DGAT1, с учетом возраста, месяца лактации и проведены исследования хозяйственно-полезных признаков животных.



Рисунок 1 Общая схема исследований

Основным фоном, на котором изучались хозяйственно-полезные признаки у подопытных групп животных, служило одинаковое кормление и содержание. Рацион животных составлялся из кормов, находящихся в хозяйстве, с учетом продуктивности, живой массы и физиологического состояния (А.П. Калашников и др., 2003).

Для исследований были взяты пробы венозной крови у 142 опытных первотелок черно-пестрой породы. Изучение однонуклеотидного полиморфизма генов каппа-казеина и диацетилглицерин О-ацетилтрансферазы проводилось в лаборатории биохимии и молекулярно-генетического анализа ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности». ДНК из венозной крови выделяли стандартным

методом с помощью набора «Магносорб» (Интерлабсервис, Москва). Ген CSN3 крупного рогатого скота исследовали с применением метода ПЦР-ПДРФ с использованием прямого праймера 5'-ATAGCCAAATATATCCCAATTCAGT - 3' и обратного праймера 5'-TTTATTAATAAGTCCATGAATCTTG-3' (Л.А. Калашникова и др., 1999); ген DGAT1 с использованием прямого праймера 5'-GCTGCTCCTGAGGGCCCTTCG-3' и обратного праймера 5'-GCGGCGGCACTTCATGACCCT-3' (R.J. Slepman и др., 2002). ПЦР проводили на амплификаторе ДТ-96. Полученные ампликоны подвергали рестрикции при помощи ферментов-рестриктаз *Hinf I* (ген CSN3) и *Eae I* (ген DGAT1) (СибЭнзим, Россия) согласно рекомендациям производителя. Продукт ПЦР оценивали горизонтальным электрофорезом в 2,5-% агарозном геле, окрашенном бромистым этидием.

По результатам ДНК-тестирования коровы-первотелки были распределены по группам в зависимости от генотипа CSN3 и DGAT1. По гену каппа-казеина на CSN3<sup>AA</sup>, CSN3<sup>AB</sup>, CSN3<sup>BB</sup> и по гену диацилглицерол О-ацилтрансферазы на DGAT1<sup>AA</sup>, DGAT1<sup>AK</sup>, DGAT1<sup>KK</sup>.

Молочную продуктивность коров изучали индивидуально по результатам ежемесячных контрольных доек согласно «Правилам оценки молочной продуктивности коров за лактацию» (И.М. Дунин и др., 2000).

Качественные показатели молока: массовая доля жира, массовая доля белка, сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО), плотность молока определены на анализаторе «Лактан 1-4» (исполнение 220). Массовая доля сухого вещества – расчетным методом.

Типы лактационных кривых изучены по методике А.С. Емельянова (1953), показатель равномерности удоя – по методике Ю.С. Изилова (1979). Коэффициент постоянства лактации (КПЛ) по Б.В. Веселовскому в модификации А.Н. Шапошникова:

$$\text{КПЛ} = A : (B \times 10) \times 100,$$

где А – удой за 305 дней лактации, кг;

В – высший месячный удой, кг.

Коэффициент равномерности удоя (КРУ) рассчитывали по формуле:

$$\text{КРУ} = B : C,$$

где В – высший месячный удой, кг;

С – среднемесячный удой, кг.

Биологическую эффективность коровы (БЭК) - по формуле (В.Н. Лазаренко, 1990):

$$\text{БЭК} = Y \times C / Ж,$$

Коэффициент биологической полноценности (КБП) рассчитывали по формуле (О.В. Горелик, 2002):

$$\text{КБП} = Y \times \text{СОМО} / Ж,$$

где Y – удой за 305 дней лактации, кг;

С – массовая доля сухого вещества, %;

СОМО – массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка, %;

Ж – живая масса, кг.

Коэффициент молочности рассчитывали по методике ВИЖа путем деления удоя за лактацию на живую массу.

Продуктивные качества первотелок изучали на основании данных зоотехнических документов (карточка племенной коровы – форма 2 мол).

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

$$\text{КВС} = 365 / \text{МОП},$$

где 365 – календарный год, дни;

МОП – межотельный период, дни.

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

$$T = 100 - (K + 2 \times i),$$

где T – индекс плодовитости, %;

K – возраст коровы при первом отеле, месяцев;

i – интервал между отелями, месяцев.

При определении селекционно-генетических параметров были рассчитаны: коэффициент корреляции (r), коэффициент наследуемости ( $h^2$ ) находили через удвоенный коэффициент корреляции между продуктивностью дочерей и матерей, долю влияния ( $\eta^2$ ) различных факторов на удои определяли однофакторным дисперсионным анализом (Н.А. Плохинский, 1969).

Экономическая эффективность использования коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1 определялась согласно «Методическим рекомендациям по определению экономической эффективности от внедрения результатов научно-исследовательских работ в животноводстве» (Ю.И. Шмаков, А.В. Черехаев, 1984) с учетом требований ГОСТ на молоко (2003 г.) по базисной общероссийской норме массовой доли белка и жира.

Полученные результаты научных исследований были обработаны методом вариационной статистики (Н.А. Плохинский, 1969; Е.К. Меркурьева, 1970) на персональном компьютере с использованием программы Microsoft Excel-2007. Достоверность полученных результатов оценивали с использованием критерия Стьюдента.

## **3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **3.1 Молочная продуктивность коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1**

Исследованиями установлено, что наибольший удои за 305 дней лактации, высший суточный и среднесуточный удои были выше у первотелок с генотипом по гену каппа-казеина BB по сравнению с животными с генотипом CSN3<sup>AA</sup> на 298 кг, 1,7 кг и 1,1 кг и генотипом CSN3<sup>AB</sup> - на 88 кг, 0,2 кг и 0,3 кг соответственно. При этом разность статистически достоверна между группами CSN3<sup>AB</sup> и CSN3<sup>AA</sup> по высшему суточному удою в пользу первых (1,5 кг;  $P < 0,01$ ).

По массовой доле компонентов молока преимущество по сравнению с остальными опытными группами также имеют животные, гомозиготные по



аллелю В каппа-казеина: по массовой доле СОМО - на 0,18-0,26% ( $P < 0,05-0,001$ ), а по массовой доле сухого вещества только по сравнению с первотелками с генотипом  $CSN3^{AA}$  - 0,29% ( $P < 0,01$ ).

Коровы с генотипом  $CSN3^{BB}$  отличались наибольшей эффективностью и полноценностью. Так на 1 кг живой массы они произвели 119,1% сухого вещества и 85,5% СОМО, при этом разность достоверна только по сравнению с гомозиготными животными по аллелю А каппа-казеина на 7,7% ( $P < 0,05$ ) и 6,1% ( $P < 0,05$ ) соответственно.

Таким образом, животные, имеющие аллель В гена каппа-казеина эффективны, обладают лучшей молочной продуктивностью и отличаются большей биологической ценностью молока.

Первотелки с генотипом  $DGAT1^{AK}$  имеют достоверное преимущество по удою за 305 дней лактации и среднесуточному удою над животными с генотипом  $DGAT1^{AA}$  на 276 кг ( $P < 0,01$ ) и 0,9 кг ( $P < 0,05$ ),  $DGAT1^{KK}$  - на 429 кг ( $P < 0,001$ ) и 1,2 кг ( $P < 0,01$ ) соответственно.

По массовой доле сухого вещества и СОМО группа, гомозиготная по аллелю К гена диацилглицерол О-ацилтрансферазы, превосходит коров с генотипом  $DGAT1^{AA}$  на 0,36% ( $P < 0,001$ ) и 0,19% ( $P < 0,01$ ),  $DGAT1^{AK}$  - на 0,28% ( $P < 0,01$ ) и 0,13% ( $P < 0,05$ ) соответственно. Разница также достоверна по вышеназванным показателям между животными с генотипом  $DGAT1^{AA}$  и  $DGAT1^{AK}$  на 0,08% и 0,06% ( $P < 0,05$ ) в пользу последних.

Наибольший коэффициент биологической эффективности и биологической полноценности отмечен у гетерозиготных первотелок с достоверной разницей по сравнению с другими опытными группами по БЭК на 7,4-8,0% ( $P < 0,05-0,01$ ), по КБП на 5,3-6,3% ( $P < 0,01$ ).

Таким образом, первотелки с генотипом  $DGAT1^{AK}$  характеризуются наибольшей молочной продуктивностью, лучшей биологической эффективностью и полноценностью молока.

### **3.2 Молочная продуктивность коров с разными генотипами $CSN3$ и $DGAT1$ в зависимости от различных факторов**

#### **3.2.1 Молочная продуктивность коров с разными генотипами $CSN3$ и $DGAT1$ в зависимости от живой массы при первом плодотворном осеменении**

У животных III группы с генотипом по каппа-казеину АВ, по сравнению с первотелками I группы, удой был выше на 787 кг ( $P < 0,05$ ), количество молочного жира - на 26,4 кг ( $P < 0,05$ ), количество молочного белка - на 25,3 кг ( $P < 0,05$ ) (табл. 1). Аналогичное превосходство обнаружено у коров с генотипом  $CSN3^{BB}$  - 1028 кг ( $P < 0,05$ ), 33,2 кг ( $P < 0,05$ ), 33,1 кг ( $P < 0,01$ ), соответственно.

Следует отметить, что с повышением живой массы при первом осеменении у первотелок, имеющих в своем генотипе аллель В гена каппа-казеина, снижается массовая доля жира в молоке, а у несущих аллель А - увеличивается массовая доля белка в молоке.

Таблица 1 - Молочная продуктивность первотелок с разными генотипами CSN3 и DGAT1 в зависимости от живой массы при первом плодотворном осеменении

Показатель	Группа коров в зависимости от живой массы при первом осеменении					
	I, менее 380 кг	II, 381-400 кг	III, более 401 кг	I, менее 380 кг	II, 381-400 кг	III, более 401 кг
Генотип	<b>CSN3 AA</b>			<b>DGAT1 AA</b>		
n	38	44	7	19	20	11
Удой, кг	4460±76	4397±58	4541±223	4180±107	4420±112	4561±263
МДЖ, %	3,63± 0,01	3,64±0,01	3,67±0,04	3,61±0,01	3,62±0,02	3,63± 0,01
Молочный жир, кг	161,9 ±2,6	160,1 ±2,0	166,7 ±7,9	150,9 ±3,7	160,0 ±4,0	165,6 ±9,2
МДБ, %	3,12±0,008	3,12±0,009	3,14±0,02	3,12±0,01	3,11±0,01	3,15±0,02
Молочный белок, кг	139,1 ±2,2	137,2 ±1,7	142,6 ±6,6	130,4 ±3,1	137,5 ±3,4	143,7 ±8,6
Индекс молочности	938 ±13,3	903 ±12,9	952 ±54,1	881 ±18,6	906 ±20,5	931 ±44,8
Генотип	<b>CSN3 AB</b>			<b>DGAT1 AK</b>		
n	21	12	13	40	36	9
Удой, кг	4298±109	4778±194	5085±313	4524±72	4541±78	5518±295
МДЖ, %	3,68±0,02	3,68±0,037	3,63±0,01	3,66±0,01	3,64±0,01	3,62±0,02
Молочный жир, кг	158,2 ±4,2	175,8 ±7,2	184,6 ±11,2	165,6 ±4,8	165,3 ±2,9	199,8 ±10,8
МДБ, %	3,14±0,010	3,15±0,020	3,15±0,018	3,13±0,010	3,14±0,010	3,14±0,02
Молочный белок, кг	134,9 ±3,3	150,5 ±6,1	160,2 ±9,8	141,6 ±4,0	142,6 ±2,4	173,3 ±9,1
Индекс молочности	904 ±19,5	969 ±32,6	1008 ±51,1	950 ±12,5	929 ±16,0	1094 ±48,1
Генотип	<b>CSN3 BB</b>			<b>DGAT1 KK</b>		
n	3	2	2	3	2	2
Удой, кг	4346±213	4674±133	5374±46	4134±65	4124±4	4398±130
МДЖ, %	3,70±0,05	3,64±0,10	3,61±0,01	3,74±0,01	3,89±0,05	3,79±0,11
Молочный жир, кг	160,8 ±6,0	170,1 ±9,5	194,0 ±2,2	154,6 ±1,7	160,4 ±2,2	166,7 ±9,7
МДБ, %	3,27± 0,03	3,24±0,04	3,26±0,025	3,18±0,007	3,21±0,01	3,19±0,04
Молочный белок, кг	142,1 ±5,6	151,4 ±6,4	175,2 ±0,1	131,5 ±1,8	132,4 ±0,5	140,3 ±6,1
Индекс молочности	912 ±38,1	950 ±32,9	1053 ±19,3	859 ±12,4	852 ±6,1	895 ±74,4

При сравнении животных разных генотипов между собой в пределах одной группы установлено, что в группе с наименьшей массой при первом осеменении телок (менее 380 кг) наиболее высокий удой (4460 кг), количество молочного жира (161,9 кг) и индекс молочности (938) имеют первотелки с генотипом CSN3<sup>AA</sup>, а наибольшая массовая доля жира (3,70%) и белка (3,27%), выход молочного жира (142,1 кг) характерны для генотипа CSN3<sup>BB</sup>, при этом

разность достоверна по сравнению с другими генотипами только по содержанию белка в молоке на 0,13-0,15% ( $P<0,01-0,001$ ).

Во II группе первотелки с генотипом CSN3<sup>AB</sup> имеют более высокие показатели удою (4778 кг), массовой доли жира в молоке (3,68%), индекса молочности (969) и достоверно превосходят ( $P<0,05$ ) животных с генотипом CSN3<sup>AA</sup> по выходу молочного жира на 15,7 кг, белка - на 13,3 кг.

Животные с наибольшей живой массой при первом осеменении (III группа), имеющие генотип CSN3<sup>BB</sup>, характеризуются наибольшей продуктивностью, а наименьшие показатели отмечены у первотелок с генотипом CSN3<sup>AA</sup>. Между данными опытными группами наблюдается достоверная разница по удою - 833 кг ( $P<0,01$ ), количеству молочного жира - 27,3 кг ( $P<0,05$ ), массовой доле белка - 0,12% ( $P<0,01$ ), количеству молочного белка - 32,6 кг ( $P<0,01$ ).

У первотелок с разным генотипом DGAT1 с увеличением живой массы при первом плодотворном осеменении также повышаются продуктивные качества. Так, разница в пределах одной группы по удою, выходу молочного жира, выходу молочного белка и индексу молочности у первотелок с генотипом DGAT1<sup>AA</sup> составила 381 кг, 14,7 кг, 13,3 кг, 15 кг и 50; у DGAT1<sup>AK</sup> - 994 кг ( $P<0,01$ ), 34,2 кг ( $P<0,01$ ), 31,7 кг ( $P<0,01$ ) и 144 ( $P<0,01$ ); у DGAT1<sup>KK</sup> - 264 кг, 12,1 кг, 8,8 кг и 36, соответственно.

В группах опытных первотелок имеется некоторая тенденция к повышению массовой доли жира и белка в молоке с увеличением живой массы при первом плодотворном осеменении, особенно у гомозиготных особей.

Первотелки с генотипом DGAT1<sup>AK</sup> показывали высокую молочную продуктивность во всех группах, сформированных в зависимости от живой массы при первом осеменении. Так, гетерозиготные животные достоверно превосходили показатели сверстниц по удою, количеству молочного жира и белка, индексу молочности в I-й группе на 344-390 кг ( $P<0,05-0,001$ ), 11,0-14,7кг ( $P<0,05$ ) и 10,1-11,2 кг ( $P<0,05$ ), 69-91 ( $P<0,01-0,001$ ), соответственно; во II-ой - на 121-417 кг, 4,9-5,3 кг и 5,1-10,2 кг, 23-77, но разность статистически достоверна только по сравнению с генотипом DGAT1<sup>KK</sup> ( $P<0,001$ ); в III-ей - на 957-1120 кг ( $P<0,05-0,01$ ), 33,1-34,2 кг ( $P<0,05$ ) и 29,6-33,0 кг ( $P<0,05$ ), 163-199 ( $P<0,05$ ).

При сравнении жирномолочности и белкомолочности первотелок с генотипом DGAT1<sup>KK</sup> и DGAT1<sup>AA</sup>, DGAT1<sup>AK</sup> с одинаковой живой массой при первом плодотворном осеменении, преимущество первых по массовой доле жира в молоке составило в I-й группе 0,08-0,13% ( $P<0,001$ ), во II-й группе - 0,25-0,27% ( $P<0,001$ ), в III-й группе - 0,16-0,17%; по массовой доле белка - 0,05-0,06% ( $P<0,001$ ), 0,07-0,10% ( $P<0,001$ ) и 0,04-0,05%, соответственно.

Таким образом, у животных, имеющих аллель В гена каппа-казеина и аллель К гена диацилглицерол О-ацилтрансферазы, повышение живой массы при первом плодотворном осеменении увеличивает в дальнейшем их уровень молочной продуктивности.

### 3.2.2 Молочная продуктивность коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1 в зависимости от возраста первого отела

При увеличении возраста первого отела повысился удой, выход молочного жира и белка у опытных первотелок (табл. 2).

Таблица 2 - Молочная продуктивность первотелок с разными генотипами CSN3 и DGAT1 в зависимости от возраста первого отела

Показатели	Группы коров по возрасту 1-го отела					
	I, менее 26,0 мес.	II, 26,1 – 28,0 мес.	III, более 28,1 мес.	I, менее 26,0 мес.	II, 26,1 – 28,0 мес.	III, более 28,1 мес.
Генотип	<b>CSN3 AA</b>			<b>DGAT1 AA</b>		
n	23	43	23	8	20	22
Удой, кг	4462±103	4481±64	4322± 85	3982±147	4472±108	4396±150
МДЖ, %	3,63±0,01	3,65±0,01	3,62±0,01	3,65±0,02	3,61±0,01	3,63±0,01
Молочный жир, кг	162,4 ± 3,4	163,6 ±2,1	156,5 ± 3,1	145,3 ± 4,8	161,4 ± 4,0	159,6 ± 5,2
МДБ, %	3,12±0,01	3,13±0,008	3,12±0,01	3,13±0,02	3,11±0,01	3,14±0,01
Молочный белок, кг	139,2 ± 3,0	140,3 ± 1,8	134,8 ± 2,6	124,6 ± 4,3	139,1 ± 3,3	138,0 ± 4,8
Индекс молочности	953 ± 16,9	928 ± 12,6	878 ± 21,4	851 ± 28,8	927 ± 17,5	900 ± 46,8
Генотип	<b>CSN3 AB</b>			<b>DGAT1 AK</b>		
n	10	15	21	24	39	22
Удой, кг	4244±188	4669± 208	4819± 195	4546±101	4593±90	4812±156
МДЖ, %	3,71±0,02	3,68±0,03	3,65±0,01	3,66±0,01	3,67±0,01	3,62±0,01
Молочный жир, кг	157,4 ±7,2	171,8 ± 8,1	175,9 ± 6,7	166,4 ± 3,5	168,6 ±5,4	174,2 ±5,6
МДБ, %	3,16±0,01	3,14±0,01	3,14±0,01	3,14±0,01	3,15±0,01	3,13±0,01
Молочный белок, кг	134,1 ±5,9	146,6 ± 6,8	151,3 ± 6,0	142,7 ± 3,0	144,7 ± 4,6	150,6 ±4,8
Индекс молочности	896 ±36,3	953 ± 33,2	978 ± 31,3	968 ± 16,3	945 ± 16,3	966 ± 50,8
Генотип	<b>CSN3 BB</b>			<b>DGAT1 KK</b>		
n	1	4	2	2	3	2
Удой, кг	4057	4582± 134	5374±46	4079±59	4164± 40	4398±130
МДЖ, %	3,71	3,67±0,06	3,61±0,01	3,75±0,01	3,83±0,06	3,79±0,11
Молочный жир, кг	151	168,1± 4,6	194,0 ±2,2	153,0 ±1,6	159,5 ± 1,6	166,7 ±9,7
МДБ, %	3,28	3,25±0,03	3,26±0,02	3,19±0,005	3,20±0,01	3,19±0,04
Молочный белок, кг	133	148,9 ± 3,8	175,2 ±0,1	130,1 ±1,6	133,2 ± 0,7	140,3 ±6,1
Индекс молочности	869	941 ± 26,4	1054 ±19,3	848 ±0,8	863 ± 11,3	899 ±85,0

Так, разница по удою у коров с генотипом CSN3<sup>AB</sup> составила 575 кг (P<0,05); у CSN3<sup>BB</sup> – 792 кг (P<0,01); по выходу молочного жира и белка соответственно, у CSN3<sup>AB</sup> – 18,5 кг (P<0,05) и 17,2 кг (P<0,05), у CSN3<sup>BB</sup> – 25,9 кг (P<0,01) и 26,3 кг (P<0,01).

Аналогичная картина преимущества III группы над I группой прослеживается по индексу молочности: у первотелок с генотипом CSN3<sup>AB</sup> - на 82, у CSN3<sup>BB</sup> – 113 (P<0,05).

У коров с генотипом CSN3<sup>AA</sup> наблюдается обратная тенденция – превосходство животных с более ранним возрастом первого отела, при этом III группа уступает остальным группам по удою на 140-159 кг молока, количеству молочного жира - на 5,9-7,1 кг, количеству молочного белка - на 4,4-5,5 кг, индексу молочности – на 50-75, но разность статистически достоверна только по коэффициенту молочности (P<0,05-0,01).

Жирномолочность и белковомолочность имеет тенденцию снижения с увеличением возраста первого отела. Так, у первотелок с генотипом CSN3<sup>AB</sup> на 0,06% и 0,02%, у CSN3<sup>BB</sup> - на 0,02%, у CSN3<sup>AA</sup> – на 0,01%.

При сравнении продуктивности животных разных генотипов превосходство в I группе имеют первотелки CSN3<sup>AA</sup>, во II группе - CSN3<sup>AB</sup>, в III группе - CSN3<sup>BB</sup>, но разность достоверна только в группе животных с поздним возрастом первого отела в пользу гомозиготных генотипов с аллелем В каппа-казеина, при этом они превышают остальных сверстниц по удою на 555-1052 кг (P<0,05-0,001), количеству молочного жира - на 18,1-37,5 кг (P<0,05-0,001), массовой доле белка в молоке - на 0,12-0,14% (P<0,001), количеству молочного белка - на 23,9-40,4 кг (P<0,001), индексу молочности - на 76-176 (P<0,05-0,001).

Было также установлено, что с увеличением возраста первого отела повышается продуктивность у первотелок с разным генотипом DGAT1. Так, разница между показателями I и III группы у животных с генотипом DGAT1<sup>AA</sup> составила по удою 414 кг молока, количеству молочного жира - 14,3 кг, количеству молочного белка - 13,4 кг, индексу молочности - 49; у первотелок с генотипом DGAT1<sup>AK</sup> – 266 кг, 7,8 кг, 7,9 кг; у коров с генотипом DGAT1<sup>KK</sup> – 319 кг, 13,7 кг, 10,2 кг, 51 соответственно.

Следует отметить, что коровы, имеющие генотип DGAT1<sup>AA</sup>, с возрастом первого отела 26,1-28,0 мес. достоверно (P<0,05) превосходили первотелок с более ранним отелом по удою на 490 кг молока, количеству молочного жира - на 16,1 кг, количеству молочного белка - на 14,5 кг и индексу молочности - на 76.

Анализ жирномолочности и белковомолочности опытных первотелок показал, что с повышением возраста первого отела массовая доля жира в молоке имеет тенденцию к снижению, а массовая доля белка, наоборот, увеличивается.

Среди животных с разным генотипом DGAT1 гетерозиготные первотелки показали высокую молочную продуктивность во всех группах. Так, коровы с генотипом DGAT1<sup>AK</sup> превышали сверстниц с DGAT1<sup>AA</sup> в I-й группе по величине удоя на 564 кг (P<0,01), во II-й – на 121 кг, в III-й – на 416 кг молока; по выходу молочного жира – на 21,1 кг (P<0,01), 7,2 кг, 14,6 кг; выходу молочного белка – на 18,1 кг (P<0,01), 5,6 кг, 12,6 кг; индексу молочности – на 117 (P<0,01), 18, 66. А по сравнению с коровами DGAT1<sup>KK</sup>, превосходили по вышеуказанным показателям, соответственно, на 467 кг (P<0,001), 429 кг

( $P < 0,001$ ), 414 кг; 13,4 кг ( $P < 0,01$ ), 9,1 кг, 7,5 кг; 12,6 кг ( $P < 0,01$ ), 11,5 кг ( $P < 0,05$ ), 10,3 кг; 120 ( $P < 0,001$ ), 82 ( $P < 0,001$ ), 67.

Первотелки с генотипом  $DGAT1^{KK}$  имели наибольшую жирномолочность и белкомолочность среди всех представленных генотипов и достоверно превышали сверстниц  $DGAT1^{AA}$  по массовой доле белка в молоке в I-й группе на 0,06% ( $P < 0,05$ ), во II-й – на 0,09% ( $P < 0,001$ );  $DGAT1^{AK}$  в I-й – на 0,05% ( $P < 0,001$ ), во II-й – на 0,05% ( $P < 0,01$ ); по массовой доле жира в молоке превосходство наблюдалось только по II-й группе: над сверстницами с генотипом  $DGAT1^{AA}$  - на 0,22% ( $P < 0,01$ ), с генотипом  $DGAT1^{AK}$  на – 0,16% ( $P < 0,05$ ).

Таким образом, у животных, имеющих аллель В гена каппа-казеина и аллель К гена диацилглицерол О-ацилтрансферазы, с повышением возраста первого отела увеличивается их уровень молочной продуктивности.

### 3.3 Доля влияния различных факторов на молочную продуктивность коров с разными генотипами $CSN3$ и $DGAT1$

Для изучения степени и достоверности влияния различных факторов на удой за лактацию коров с различным генотипом генов  $CSN3$  и  $DGAT1$  была определена доля каждого из них методом однофакторного дисперсионного анализа.

Установлено, что наиболее сильное и достоверное влияние на удой первотелок оказала продолжительность сервис-периода, доля влияния ( $\eta^2$ ) которого колебалась от 32,6% ( $F = 21$ ;  $P < 0,001$ ) до 37,3% ( $F = 12,8$ ;  $P < 0,001$ ), за исключением животных, гомозиготных по аллелю В каппа-казеина, у которых влияние было недостоверным (табл. 3).

Достаточно сильно влияет на уровень продуктивности коров удой матерей, при этом влияние женских предков составило у  $CSN3^{AA}$   $\eta^2 = 24,0\%$  ( $F = 13,5$ ;  $P < 0,001$ ), у  $CSN3^{AB}$  -  $\eta^2 = 24,9\%$  ( $F = 7,2$ ;  $P < 0,01$ ).

Достоверная степень влияния живой массы на удой установлена только у гетерозиготных  $CSN3^{AB}$  первотелок –  $\eta^2 = 46,1\%$  ( $F = 18,2$ ;  $P < 0,001$ ).

Таким образом, у животных с генотипом  $CSN3^{AB}$  выявлено наиболее сильное и достоверное влияние различных факторов на величину удоя.

Расчет доли влияния различных факторов у коров с разным генотипом  $DGAT1$  показал, что живая масса оказала значимое влияние на удой коров со всеми представленными генотипами, с наибольшим значением  $\eta^2 = 85,1\%$  ( $F = 11,5$ ;  $P < 0,05$ ) у  $DGAT1^{KK}$ , в остальных группах доля влияния колебалась от 11,7% ( $F = 5,5$ ;  $P < 0,01$ ) у  $DGAT1^{AK}$  до 38,1% ( $F = 14,5$ ;  $P < 0,001$ ) у  $DGAT1^{AA}$ .

Продолжительность сервис-периода имела достаточную силу и достоверность влияния на уровень удоя у коров с генотипом  $DGAT1^{AA}$   $\eta^2 = 36,7\%$  ( $F = 13,6$ ;  $P < 0,001$ ) и у  $DGAT1^{AK}$   $\eta^2 = 32,4\%$  ( $F = 19,9$ ;  $P < 0,001$ ).

Таблица 3 – Доля и достоверность влияния различных факторов на удой за лактацию коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1

Гено-тип	Досто-вер-ность	Факторы				
		Удой матерей	Живая масса при первом плодотворном осеменении	Возраст первого отела	Продол-жительность сервис-периода	Живая масса
<b>CSN3</b>						
AA	$\eta^2, \%$	24,0	0,4	2,9	32,6	6,1
	$F_{\text{факт}}$	13,5***	0,2	1,3	21,0***	2,8
AB	$\eta^2, \%$	24,9	9,0	3,7	37,3	46,1
	$F_{\text{факт}}$	7,2**	2,1	0,8	12,8***	18,2***
BB	$\eta^2, \%$	40,6	54,8	57,0	58,5	68,9
	$F_{\text{факт}}$	1,4	2,4	2,6	2,8	4,5
<b>DGAT1</b>						
AA	$\eta^2, \%$	11,0	2,8	7,0	36,7	38,1
	$F_{\text{факт}}$	2,9	0,7	1,8	13,6***	14,5***
AK	$\eta^2, \%$	29,1	8,4	1,3	32,4	11,7
	$F_{\text{факт}}$	17,0***	3,8*	0,6	19,9***	5,5**
KK	$\eta^2, \%$	7,5	59,2	53,7	62,9	85,1
	$F_{\text{факт}}$	0,2	2,9	2,4	3,4	11,5*

Примечание: здесь и далее \* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ ; \*\*\* –  $P < 0,001$

Удой матерей внес достоверный вклад в продуктивность гетерозиготных дочерей на уровне  $\eta^2 = 29,1\%$  ( $F = 17,0$ ;  $P < 0,001$ ), у остальных животных доля влияния оказалась незначительной и недостоверной.

Также у коров с генотипом DGAT1<sup>AK</sup> выявлено достоверное влияние живой массы при первом плодотворном осеменении на их будущую молочную продуктивность с  $\eta^2 = 8,4\%$  ( $F = 3,8$ ;  $P < 0,05$ ).

Возраст первого отела не оказал значимого влияния на удой опытных первотелок.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что на удой более широкое влияние оказывают удой матерей, продолжительность сервис-периода, живая масса, причем достоверная и наибольшая доля влияния отмечены у гетерозиготных животных по генам CSN3 и DGAT1.

### 3.4 Воспроизводительная способность коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1

Нами были изучены репродуктивные качества первотелок разных генотипов CSN3 и DGAT1 в зависимости от уровня удоя.

У первотелок с разным генотипом каппа-казеина по мере повышения уровня удоя увеличивается продолжительность сервис-периода и межотельного периода, при этом у коров с генотипом CSN3<sup>AA</sup> на 24,2 дня ( $P < 0,001$ ) и 30 дней

( $P < 0,001$ ), у  $CSN3^{AB}$  – на 22,3 дня ( $P < 0,001$ ) и 25 дней ( $P < 0,001$ ), у  $CSN3^{BB}$  – на 45 дней ( $P < 0,01$ ) и 52 дня соответственно (табл. 4).

Таблица 4 - Воспроизводительные качества коров разных генотипов  $CSN3$  и  $DGAT1$  в зависимости от уровня удоя

Показатели	Удой, кг					
	до 4500	4501-5000	свыше 5001	до 4500	4501-5000	свыше 5001
Генотип	<b>CSN3 AA</b>			<b>DGAT1 AA</b>		
n	51	23	15	33	9	8
Возраст первого отела, мес.	27,5 ±0,22	27,6 ±0,26	27,7 ±0,41	27,8 ±0,27	28,0 ±0,24	28,7 ±0,49
Сервис – период, дней	95,7 ±1,59	102,3 ±2,46	119,9 ±2,96	94,8 ±1,86	97,9 ±3,14	116,5 ±4,03
МОП, дней	382±2,72	392±4,12	412±4,93	378±3,66	380±4,75	400±3,85
КВС	0,96±0,01	0,93±0,01	0,89±0,01	0,97±0,01	0,96±0,01	0,92±0,01
Индекс Дохи	47,4±0,28	46,6±0,42	45,2±0,54	47,3±0,31	47,0±0,40	44,9±0,52
Генотип	<b>CSN3 AB</b>			<b>DGAT1 AK</b>		
n	24	11	11	38	27	20
Возраст первого отела, мес.	27,7 ±0,31	28,3 ±0,52	28,5 ±0,49	27,3 ±0,23	27,4 ±0,26	28,2 ±0,43
Сервис – период, дней	98,3 ±1,65	106,6 ±2,01	120,6 ±3,65	96,6 ±1,77	105,6 ±2,07	121,7 ±2,69
МОП, дней	383±4,19	395±4,05	408±4,90	383±2,96	396±3,32	414±4,30
КВС	0,96±0,01	0,93±0,01	0,90±0,01	0,96±0,01	0,92±0,01	0,88±0,01
Индекс Дохи	47,2±0,37	45,7±0,63	44,6±0,73	47,5±0,32	46,5±0,38	44,5±0,58
Генотип	<b>CSN3 BB</b>			<b>DGAT1 KK</b>		
n	2	3	2	6	1	-
Возраст первого отела, мес.	26,5 ±0,50	27,0 ±0,03	30,5 ±0,50	27,5 ±0,76	30	-
Сервис – период, дней	83,5 ±1,50	103,3 ±10,17	128,5 ±1,50	101,0 ±2,35	120	-
МОП, дней	369±5,00	392±14,9 0	421±19,0 0	396±4,99	428	-
КВС	0,99±0,01	0,93±0,04	0,87±0,04	0,92±0,01	0,85	-
Индекс Дохи	49,2±0,17	47,2±0,98	41,8±1,75	46,5±1,06	41,9	-

По остальным признакам воспроизводительной способности прослеживается обратная закономерность. С увеличением уровня надоя снижается коэффициент воспроизводительной способности и индекс Дохи, при этом у первотелок с генотипом  $CSN3^{AA}$  на 0,07 ( $P < 0,001$ ) и 2,2 ( $P < 0,001$ ), у  $CSN3^{AB}$  – на 0,06 ( $P < 0,001$ ) и 2,6 ( $P < 0,01$ ), у  $CSN3^{BB}$  – на 0,12 и 7,4.

В целом, повышение уровня молочной продуктивности снижает эффективность воспроизводства коров.

При сравнении показателей воспроизводства между коровами разных генотипов установлено, что при уровне удоя до 4500 кг и 4501-5000 кг молока



наиболее лучшие значения репродуктивных качеств имеют первотелки с генотипом CSN3<sup>BB</sup>, а при более высоком надое преимущество наблюдается у животных с генотипом CSN3<sup>AA</sup> и CSN3<sup>AB</sup>.

У первотелок разных генотипов DGAT1 с увеличением уровня удоя отмечено высоко достоверное ( $P < 0,001$ ) повышение длительности сервис- и межотельного периода: в группе DGAT1<sup>AA</sup> - на 21,7 и 22 дня, в группе DGAT1<sup>AK</sup> - на 25,1 и 31 день, соответственно.

Преимущество первотелок с меньшим удоем (до 4500 кг) по сравнению с более продуктивными (свыше 5001 кг) в опытной группе коров с генотипом DGAT1<sup>AA</sup> составило по КВС - 0,05 ( $P < 0,001$ ), индексу Дохи - 2,4 ( $P < 0,001$ ), у DGAT1<sup>AK</sup> - 0,08 ( $P < 0,001$ ) и 3 ( $P < 0,001$ ), соответственно.

Коровы с генотипом DGAT1<sup>AA</sup> характеризуются хорошими репродуктивными показателями среди всех опытных генотипов. При этом они имеют достоверную разницу по сравнению с первотелками DGAT1<sup>KK</sup> в группе с удоем менее 4500 кг по МОП на 18 дней ( $P < 0,01$ ) и по КВС - на 0,05 ( $P < 0,01$ ); по сравнению со сверстницами DGAT1<sup>AK</sup> в группе с удоем 4501-5000 кг - на 16 дней ( $P < 0,01$ ) и 0,04 ( $P < 0,01$ ), в группе свыше 5001 кг - на 14 дней ( $P < 0,05$ ) и 0,04 ( $P < 0,01$ ) соответственно.

Таким образом, с увеличением уровня удоя повышается продолжительность сервис- и межотельного периодов и снижаются значения коэффициента воспроизводительной способности и индекса Дохи независимо от генотипа коров. В то же время, наблюдается некоторое снижение воспроизводительной способности у животных, имеющих аллель В гена каппа-казеина и аллель К гена диацилглицерол О-ацилтрансферазы.

### **3.5 Изменение величины связи между основными компонентами молока в зависимости от уровня молочной продуктивности коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1**

Нами изучено изменение величины связи между основными показателями молочной продуктивности у первотелок разных генотипов по генам CSN3 и DGAT1, в зависимости от уровня удоя. Установлено, что взаимосвязь между удоем и массовой долей жира и белка в молоке по группам коров незначительная, недостоверная, и, в большинстве случаев, отрицательная (табл. 5).

Выявлена положительная связь, различная по величине и уровню достоверности, между массовой долей жира и белка в молоке у всех анализируемых групп коров. Причем наиболее тесная и достоверная связь отмечена в группе коров с уровнем удоя 4500-5000 кг: у первотелок с генотипом CSN3<sup>AA</sup>  $r = 0,82$  ( $P < 0,001$ ), с генотипом CSN3<sup>AB</sup> -  $r = 0,72$  ( $P < 0,05$ ).

У всех групп и генотипов животных между удоем и количеством молочного жира, а также удоем и количеством молочного белка обнаружена положительная и достоверная связь, за исключением коров с генотипом CSN3<sup>BB</sup>, у которых корреляция недостоверная. Причем наибольший

коэффициент корреляции отмечен в группах с минимальным и максимальным удоем.

Таблица 5 - Изменение связи между признаками молочной продуктивности первотёлок с разными генотипами CSN3 в зависимости от уровня удоя

Группа коров по уровню удоя, кг	n	Коэффициент корреляции, $r \pm m$				
		Удой – МДЖ	Удой – МДБ	МДЖ – МДБ	Удой – МЖ	Удой – МБ
<b>АА</b>						
Менее 4500	51	- 0,11±0,142	- 0,20±0,139	0,62±0,112***	0,83±0,079***	0,90±0,062***
4501-5000	23	- 0,13±0,216	- 0,16±0,215	0,82±0,125***	0,75±0,144***	0,87±0,107***
Более 5001	15	0,003±0,277	- 0,05±0,277	0,48±0,243	0,95±0,086***	0,97±0,067***
<b>АВ</b>						
Менее 4500	24	- 0,27±0,205	-0,12±0,211	0,71±0,150***	0,93±0,078***	0,97±0,051***
4501-5000	11	0,18±0,327	0,25±0,322	0,72±0,231*	0,78±0,208**	0,90±0,145***
Более 5001	11	- 0,27±0,320	0,15±0,331	0,69±0,241*	0,98±0,066***	0,98±0,066***
<b>ВВ</b>						
4501-5000	3	0,83±0,557	0,63± 0,776	0,96±0,280	0,95±0,097	0,95±0,097

Таким образом, с понижением и повышением уровня удоя происходит усиление взаимосвязи «удой – молочный жир» и «удой – молочный белок», но уменьшение корреляции «массовая доля жира – массовая доля белка». Наибольшие величины коэффициента корреляции отмечены у животных с генотипом CSN3<sup>AB</sup>.

У коров с генотипом DGAT1<sup>AA</sup> и DGAT1<sup>KK</sup> в группе с удоем менее 4500 кг молока между удоем и массовыми долями жира и белка выявлена отрицательная и наибольшая по величине корреляция среди всех групп, а у гомозиготных по аллелю А еще и достоверная ( $r = -0,38$  и  $-0,39$ ;  $P < 0,01$ ) (табл. 6).

Высокая и достоверная связь установлена между массовой долей жира и белка во всех группах удоя: у первотелок с генотипом DGAT1<sup>AK</sup> она составила 0,58-0,74 ( $P < 0,001$ ), у DGAT1<sup>KK</sup> -  $r = 0,93$  ( $P < 0,01$ ), а у аналогов с генотипом DGAT1<sup>AA</sup> только в группе с удоем менее 4500 кг -  $r = 0,64$  ( $P < 0,001$ ).

Выявлена высоко достоверная положительная корреляция при сочетании «Удой – МЖ» и «Удой – МБ» у всех групп животных, величина коэффициента корреляции колебалась у генотипа DGAT1<sup>AA</sup> от 0,88 до 0,99 и от 0,89 до 0,98 ( $P < 0,01-0,001$ ), у DGAT1<sup>AK</sup> – от 0,77 до 0,97 и от 0,86 до 0,98 ( $P < 0,001$ ), у DGAT1<sup>KK</sup> – только по связи «Удой – МБ» с  $r = 0,94$  ( $P < 0,01$ ).

Таким образом, с понижением и повышением уровня удоя происходит усиление взаимосвязи «удой – молочный жир» и «удой – молочный белок».

Таблица 6 - Изменение связи между признаками молочной продуктивности первотёлок с разными генотипами DGAT1 в зависимости от уровня удоя

Группа коров по уровню удоя, кг	n	Коэффициент корреляции, r±mг				
		Удой – МДЖ	Удой – МДБ	МДЖ – МДБ	Удой – МЖ	Удой – МБ
<b>АА</b>						
Менее 4500	33	-0,38±0,166*	-0,39±0,165*	0,64±0,138***	0,93±0,066***	0,96±0,050***
4501-5000	9	-0,33±0,356	0,10±0,376	0,22±0,368	0,88±0,179**	0,89±0,172**
Более 5001	8	-0,27±0,393	0,31±0,388	0,17±0,402	0,99±0,057***	0,98±0,081***
<b>АК</b>						
Менее 4500	38	-0,12±0,165	-0,03±0,166	0,58±0,135***	0,85±0,087***	0,88±0,079***
4501-5000	27	0,16±0,197	0,12±0,198	0,74±0,134***	0,77±0,127***	0,86±0,102***
Более 5001	20	0,002±0,235	0,12±0,233	0,71±0,165***	0,97±0,057***	0,98±0,047***
<b>КК</b>						
Менее 4500	6	-0,50±0,433	-0,68±0,366	0,93±0,183**	0,38±0,462	0,94±0,170**

### 3.6 Наследуемость показателей молочной продуктивности коров с разными генотипами генов CSN3 и DGAT1

Установлено, что высокий положительный коэффициент наследуемости в опытных группах животных отмечен по удою, массовой доле белка, молочному жиру и белку. Наибольший коэффициент наследуемости по большинству показателей молочной продуктивности характерен для коров с генотипом CSN3<sup>BB</sup>, а по массовой доле жира - для группы CSN3<sup>AB</sup> ( $h^2 = 0,43$ ).

У животных с генотипом DGAT1<sup>AK</sup> высокие коэффициенты наследуемости удоя ( $h^2 = 0,47$ ), молочного жира ( $h^2 = 0,38$ ), массовой доли белка ( $h^2 = 0,49$ ), количества молочного белка ( $h^2 = 0,42$ ), но по жирномолочности имеют отрицательный и низкий коэффициент –  $h^2 = -0,05$ .

Выше коэффициент наследуемости массовой доли жира у коров с генотипом DGAT1<sup>KK</sup> и составляет 0,58, однако для данной группы присуща отрицательная наследуемость удоя ( $h^2 = -0,48$ ).

### 3.7 Экономическая эффективность использования коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1

Наибольший уровень рентабельности получен от первотелок, имеющих генотипы CSN3<sup>AB</sup> и CSN3<sup>BB</sup>, он составил 14,5 и 20,4%, соответственно, тогда как рентабельность при использовании коров с генотипом CSN3<sup>AA</sup> была 7,4%.

Наибольший уровень рентабельности при производстве молока получен от коров с генотипом DGAT1<sup>AK</sup> – 13,3%. На втором месте животные с генотипом DGAT1<sup>KK</sup> – 8,7%.

Таким образом, расчет экономической эффективности разведения опытных животных показал, что наибольшей окупаемостью расходов на

содержание первотелки производством молока обладают животные, имеющие в своем геноме аллель В каппа-казеина и аллель К диацилглицерол О-ацилтрансферазы.

#### 4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. При оценке уровня молочной продуктивности у первотелок с разными генотипами каппа-казеина выявлены лучшие показатели у коров с генотипом CSN3<sup>BB</sup>: по массовой доле СОМО и сухого вещества они превосходили сверстниц с генотипом CSN3<sup>AA</sup> на 0,26% и 0,29% (P<0,01), при этом отличались наибольшей биологической эффективностью – 119,1 и полноценностью молока – 85,5. Первотелки с генотипом DGAT1<sup>AK</sup> имели преимущество над животными с генотипом DGAT1<sup>AA</sup> по удою за 305 дней лактации на 276 кг (P<0,01), среднесуточному удою - на 0,9 кг (P<0,05), массовой доле сухого вещества - на 0,08%, СОМО - на 0,05%, БЭК и КБП был выше, чем у других опытных групп на 7,4-8,0% (P<0,05-0,01) и 5,3-6,3% (P<0,01).

2. Увеличение живой массы при первом плодотворном осеменении и возраста первого отела повышает удои, выход молочного жира и белка, индекс молочности у опытных животных, причем сильнее прибавка продуктивности проявляется у первотелок с генотипом CSN3<sup>AB</sup> и DGAT1<sup>AK</sup> (P<0,01-0,001).

3. Сила влияния удоя матерей ( $\eta^2 = 24,9\%$ ; P<0,01), продолжительности сервис-периода ( $\eta^2 = 37,3\%$ ; P<0,001) и живой массы ( $\eta^2 = 46,1\%$ ; P<0,001) на удои была наибольшей и достоверной у первотелок с генотипом CSN3<sup>AB</sup>, ниже эти показатели у коров с генотипом CSN3<sup>AA</sup> - 24,0% (P<0,001), 32,6% (P<0,001) и 6,1%, соответственно.

Наиболее высокое и достоверное влияние на удои первотелок с генотипом DGAT1<sup>AA</sup> и DGAT1<sup>AK</sup> оказали длительность сервис-периода ( $\eta^2 = 32,4-36,7\%$ ; P<0,001) и живая масса ( $\eta^2 = 11,7-38,1\%$ ; P<0,01-0,001), а такой фактор, как живая масса при первом плодотворном осеменении имеет влияние только у гетерозиготных животных (8,4%; P<0,05).

4. С увеличением уровня удоя повышается продолжительность сервис- и межотельного периодов (P<0,01-0,001) и снижаются значения коэффициента воспроизводительной способности и индекса Дохи независимо от генотипа опытных первотелок, при более выраженном снижении воспроизводительной способности у животных, имеющих аллель В гена каппа-казеина и аллель К гена диацилглицерол О-ацилтрансферазы.

Выявлена положительная и достоверная (P<0,05-0,001) корреляция между возрастом при первом плодотворном осеменении, живой массой при первом осеменении, возрастом первого отела, длительностью сервис- и межотельного периодов и удоем у коров, имеющих аллель В каппа-казеина и аллель К диацилглицерол О-ацилтрансферазы, при этом связь КВС и индекса Дохи с уровнем удоя отрицательная и высокая у первотелок с генотипом CSN3<sup>BB</sup> (r= - 0,80-0,91) и DGAT1<sup>KK</sup> (r= - 0,80-0,82).

5. Установлена незначительная закономерность корреляционной связи между признаками молочной продуктивности в зависимости от уровня продуктивности у первотелок с разным генотипом CSN3 и DGAT1. При низком (менее 4500 кг) и высоком (более 5001 кг) уровне удоя происходит усиление корреляции «удой – молочный жир» и «удой – молочный белок», но уменьшение корреляции «массовая доля жира – массовая доля белка». С увеличением уровня удоя происходит изменение взаимосвязи «удой-МДЖ» и «удой-МДБ» с отрицательной на положительную, при наибольшей величине коэффициента корреляции у животных с генотипом CSN3<sup>AB</sup> и DGAT1<sup>AK</sup>. А при низком и высоком уровнях жирномолочности и низком уровне белкомолочности усиливается взаимосвязь «массовая доля жира – массовая доля белка».

6. Коэффициент наследуемости имел высокое значение у первотелок с генотипом CSN3<sup>BB</sup> по удою ( $h^2 = 0,68$ ), молочному жиру ( $h^2 = 0,69$ ), массовой доле белка ( $h^2 = 0,63$ ), молочному белку ( $h^2 = 0,58$ ), у DGAT1<sup>AK</sup> наследуемость по этим показателям колебалась от 0,38 до 0,49, что дает основание для отбора маточного поголовья, имеющих аллель В гена каппа-казеина и аллель А гена диацилглицерол О-ацилтрансферазы, по этим признакам для совершенствования стада.

7. Экономически целесообразно использовать коров с генотипом CSN3<sup>AB</sup> и CSN3<sup>BB</sup>, так как от этих групп получено больше прибыли от реализации молока на 6846-12558 руб. и рентабельность составила 14,5% и 20,4%. Рентабельность разведения первотелок с генотипом DGAT1<sup>AK</sup> была 13,3%, что выше на 8% и 4,6%, чем у коров с генотипом DGAT1<sup>AA</sup> и DGAT1<sup>KK</sup>.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

В целях повышения производства молока в сельскохозяйственных предприятиях по разведению крупного рогатого скота рекомендуем:

1. При формировании высокопродуктивного стада следует отдавать предпочтение животным с генотипом CSN3<sup>AB</sup> и DGAT1<sup>AK</sup>, имеющим более высокую молочную продуктивность и оптимальные воспроизводительные качества.

2. Шире применять в селекционном процессе быков-производителей - носителей аллели В гена каппа-казеина и аллели К гена диацилглицерол О-ацилтрансферазы для увеличения частоты их встречаемости в стадах черно-пестрого скота.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Публикации в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ**

1. Шайдуллин, Р.Р. Характеристика удоя коров с разными генотипами молочных генов в течение лактации / Р.Р. Шайдуллин, А.С. Ганиев, Ф.С. Сибгатуллин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3(31). – С. 110-115

2. Ганиев, А.С. Влияние живой массы при первом осеменении на молочную продуктивность коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1 / А.С. Ганиев, Ф.С. Сibaгатуллин, Р.Р. Шайдуллин, Т.Х. Фаизов, Г.С. Шарафутдинов // Ветеринарный врач. – 2018. – № 1. – С. 54-58

3. Ганиев, А.С. Молочная продуктивность коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1 в зависимости от возраста первого отела / А.С. Ганиев // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2018. – Т. 233. – С. 30-34.

4. Ганиев, А.С. Сервис-период и молочная продуктивность коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1 / А.С. Ганиев, Ф.С. Сibaгатуллин, Р.Р. Шайдуллин, Т.Х. Фаизов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2018. – Т. 234. – С. 67-73.

### Публикации в других изданиях

5. Ганиев, А.С. Полиморфизм молочных генов в взаимосвязи с молочной продуктивностью коров / А.С. Ганиев, Ф.С. Сibaгатуллин // Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых «Вклад молодых ученых в аграрную науку». - Самара: РИЦ СГСХА.- 2013. – С. 52-55.

6. Ганиев, А.С. Поиск и конструирование специфических локусов генетических маркеров белкомолочности / А.С. Ганиев, Р.Р. Шайдуллин // Материалы Международной научно-производственной конференции «Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства». – Казань: Изд-во «КазГАУ». - 2014. – С. 173-175.

7. Ганиев, А.С. Молочная продуктивность дочерей и матерей с разными генотипами каппа-казеина и диацилглицерол О-ацилтрансферазы / А.С. Ганиев, Р.Р. Шайдуллин // Сборник тезисов 18-й Всероссийской молодежной научной конференции «Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии». – Москва: ФГБНУ ВНИИСБ, 2018. - С. 193-194

8. Ганиев, А.С. Молочная продуктивность коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1 в зависимости от уровня удоя матерей / А.С. Ганиев, Р.Р. Шайдуллин, Г.С. Шарафутдинов, Ф.С. Сibaгатуллин // Материалы Национальной научно-практической конференции «Саратовский форум ветеринарной медицины и продовольственной безопасности Российской Федерации». Посвящается 100-летию факультета ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2018. – С. 304-308.

9. Ganiev, A.S. Reproductive Quality Of Cows Of Different Genotypes On CSN3 And DGAT1 Genes Depending On Milk Level / Almaz S. Ganiev, Radik R. Shaidullin, Fatih S. Sibagatullin, Gazimzyan S. Sharafutdinov, Anastasia B. Moskvicheva, Sergey V. Tyulkin, and Tagir H. Faizov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. - № 9(6). – P. 1504-1509\*

\* - *Издания, входящие в базу данных Web of Science*