

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ СОМАТОТРОПИНОВОГО КАСКАДА У КОРОВ ДЖЕРСЕЙСКОЙ ПОРОДЫ

Д. В. Зарубежнова, Р. Р. Шайдуллин, Т. М. Ахметов, Ф. Ф. Зиннатов, С. В. Тюлькин

Реферат. В статье представлены результаты исследования полиморфизма генов соматотропного каскада (GH, PRL, PIT1) у коров-первотелок джерсейской породы. Аллельные варианты генов PRL, PIT1, GH определены методом полимеразной цепной реакции с последующим определением полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ), при этом использовались эндонуклеазы рестрикции Alu I, RsaI и HinfI. Идентификация результатов рестрикции проводилась электрофорезом на агарозном геле. Встречаемость аллелей и генотипов установлена согласно Е.К. Меркурьевой, расчёт наблюдаемого и ожидаемого распределения проведена методом Харди-Вайнберга, а также рассчитаны показатели генетического равновесия, коэффициенты инбридинга и информативности полиморфизма. Установлено, что по гену PRL преобладает аллель А (0,71) и генотипы АА (48,3%) и ВВ (44,8%), по гену PIT1 – аллель В (0,78) и генотип ВВ (63,2%), а по гену GH частоты аллелей L и V составляют 0,53 и 0,47 соответственно, при превосходстве генотипа LV (52,9%). Все исследованные локусы находятся в состоянии равновесия Харди-Вайнберга ($\chi^2 < 3,84$). Отрицательные значения коэффициентов инбридинга свидетельствуют об избытке гетерозигот, что может быть связано с проявлением гетерозисного эффекта и отбором в пользу гетерозиготных животных. Наиболее полиморфным среди исследованных локусов является локус GH (PIC=0,374), затем локусы PRL (PIC=0,329) и PIT1 (PIC=0,287). Все три локуса характеризуются умеренной информативностью для селекционной работы. Полученные результаты могут быть использованы для разработки программ маркер-ориентированной селекции джерсейской породы.

Ключевые слова: коровы, джерсейская порода, полиморфизм, соматотропин, пролактин, PIT1, генетические маркеры, селекция.

Для цитирования: Полиморфизм генов соматотропного каскада у коров джерсейской породы / Зарубежнова Д.В., Шайдуллин Р.Р., Ахметов Т.М. [и др.] // Агробiotехнологии и цифровое земледелие. 2025. №3 (15). С. 59-64 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2025-4-3-59-64>

Введение. Селекционная работа настоящее время в отрасли молочное скотоводство в большей степени интегрирует достижения молекулярной генетики, и это повышает эффективность отбора животных с желательными хозяйственно-полезными признаками. Особый интерес для селекционеров представляют гены соматотропного каскада, которые участвуют в регуляции процессов роста, развития и лактации у крупного рогатого скота [1].

К главным генам соматотропного каскада принято относить ген гормона роста (GH), ген пролактина (PRL) и ген гипофизарного фактора транскрипции (PIT1). Гормон роста участвует в регуляции процессов онтогенеза организма, а также влияет на лактационную деятельность животного [2, 3]. Пролактин в большей степени участвует в регуляции молочной продуктивности, осуществляя процессы инициации и поддержания лактации [4]. Гипофизарный фактор транскрипции PIT1 контролирует экспрессию генов GH и PRL, тем самым опосредованно влияя на молочную продуктивность [5].

Соматотропный каскад представляет собой сложную систему нейрогуморальной регуляции, включающую гипоталамус, гипофиз и периферические ткани. Центральными компонентами этой системы являются гормон роста (соматотропин), пролактин и различные транскрипционные факторы, контролирующие их синтез и секрецию [6, 7].

Гормон роста синтезируется соматотрофами передней доли гипофиза под контролем

гипоталамических факторов – соматолиберина и соматостатина. У лактирующих коров гормон роста также стимулирует молочную продуктивность путем усиления притока питательных веществ к молочной железе и повышения эффективности их использования для синтеза компонентов молока [8, 9].

И.С. Кожевникова и соавторы [6] обнаружили частоту аллеля L, равную 0,82-0,85 в популяции холмогорского скота. Исследования Р.Р. Шайдуллина и соавторов [10], проведенные в Республике Татарстан, показали, что генотип GH LL у черно-пестрой и холмогорской пород составил 51,0-79,2%.

Пролактин, секретируемый лактотрофами передней доли гипофиза, имеет значение в регуляции лактации самки. Он оказывает стимулирующее действие на рост и развитие молочной железы в период беременности, запускает лактогенез в перипартальный период и поддерживает лактацию после родов. Пролактин оказывает свое действие через специфические рецепторы, экспрессируемые в эпителиальных клетках молочной железы, активируя сигнальные каскады, которые регулируют экспрессию генов, кодирующих белки молока [11, 12].

Частота встречаемости аллелей гена PRL варьирует у разных пород крупного рогатого скота. И.Ю. Долматова и соавторы [13] сообщили о преобладании аллеля А (0,86) у черно-пестрой породы. Исследования А.А. Оздемирова и соавторов [14] выявили более высокую частоту аллеля А (0,75-0,87) у кавказской

бурой породы содержащихся в разных природно-климатических зонах Дагестана.

Гипофизарный фактор транскрипции PIT1 (также известный как POU1F1) является важным регулятором экспрессии генов гормона роста и пролактина. Он взаимодействует с промоторными областями этих генов, активируя их транскрипцию. Кроме того, PIT1 необходим для дифференцировки и пролиферации соматотрофов и лактотрофов в гипофизе [15]. Таким образом, PIT1 опосредованно влияет на молочную продуктивность через регуляцию синтеза гормона роста и пролактина [16].

Частота аллелей гена PIT1 значительно варьирует у разных пород крупного рогатого скота. Э.Р. Гайнутдинова и соавторы [17] сообщили о преобладании аллеля В (0,68) у голштинской породы, а у Кыргызстанской популяции голштинского скота выше частота встречаемости аллеля В (0,79) [18]. Аналогично у красно-степной - 0,69, чуть меньше у симментальской породы - 0,55 [19]. Исследованиями некоторых авторов выявлено более высокая частота аллеля В у кавказской бурой (0,80) [14] и голштинской породы (0,88) [18].

При многообразии аллельного спектра генов PIT-1, PRL, GH генотипы, которые несут желательные аллели, имеют разную частоту встречаемости, и зависят как от гена, так и популяционной принадлежности особи [18]. Следовательно, изучение полиморфизма генов соматотропного каскада у молочного скота представляет научный и практический интерес, поскольку может способствовать выявлению генетических маркеров продуктивности и совершенствованию селекционной работы.

Целью настоящего исследования являлось изучение полиморфизма генов соматотропного каскада (GH, PRL, PIT1) у коров джерсейской породы и определение их генетической структуры по данным локусам.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились на поголовье коров-первотелок джерсейской породы (n=87), содержащихся в условиях ООО имени Тимирязева Балтасинского района Республики Татарстан. Животные находились в аналогичных условиях содержания и кормления, соответствующих зоотехническим нормам.

Для проведения молекулярно-генетического анализа у каждого животного из хвостовой вены отбирали пробы крови в вакуумные пробирки с ЭДТА в качестве антикоагулянта. Выделение ДНК осуществляли с

использованием коммерческого набора согласно инструкции производителя.

Генотипирование по локусам GH, PRL и PIT1 проводили методом полимеразной цепной реакции с последующим анализом полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ). Для амплификации фрагментов исследуемых генов использовали специфические праймеры, описанные в литературе [20, 21, 22].

Амплификацию проводили с 2 мкл ДНК-образца, общий объем реакционной смеси в одной пробирке составлял 20 мкл. Для проведения рестрикционного гидролиза использовали следующие ферменты: 5 ед. эндонуклеазы RsaI в 1× буфере «В» (ген PRL), эндонуклеазы HinfI в 1× буфере «О» (ген PIT1), эндонуклеазы AluI в 1× буфере «У» (ген GH).

Полученные ПЦР-продукты подвергали рестрикции с использованием соответствующих эндонуклеаз: AluI для гена GH, RsaI для гена PRL и HinfI для гена PIT1. Реакцию рестрикции проводили при 37°C в течение 16 часов согласно рекомендациям производителя ферментов.

Продукты рестрикции разделяли методом электрофореза в 2% агарозном геле. Визуализацию результатов осуществляли в УФ-трансиллюминаторе с документированием в системе гель-документации.

Идентификацию генотипов проводили на основании специфических паттернов рестрикции:

- для гена GH: LL – 159, 52 п.н.; LV – 211, 159, 52 п.н.; VV – 211 п.н.;
- для гена PRL: AA – 156 п.н.; AB – 156, 82, 74 п.н.; BB – 82, 74 п.н.;
- для гена PIT1: AA – 451 п.н.; AB – 451/244/207 п.н.; BB – 244/207 п.н.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием общепринятых методов популяционной генетики. Частоты генотипов и аллелей определяли методом прямого подсчета. Соответствие распределения генотипов равновесию Харди-Вайнберга оценивали с помощью критерия χ^2 с одной степенью свободы. Так же поголовье было оценено по коэффициенту инбридинга (Fis), и на информативность полиморфизма (PIC) по каждому отдельно взятому гену-маркеру.

Результаты и обсуждение. Анализируя данные по полиморфизму гена PRL у коров джерсейской породы установлено присутствие трех генотипов: AA, AB и BB. Результаты генотипирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Полиморфизм гена пролактина (PRL) у коров джерсейской породы

Показатель	n	Частота генотипа						Частота аллеля		χ^2	Fis	PIC
		AA		AB		BB						
		n	%	n	%	n	%	A	B			
О	87	42	48,3	39	44,8	6	6,9	0,71	0,29	0,48	-0,083	0,329
Е		44	50,6	36	41,4	7	8,0					

Примечание: здесь и далее: Н – наблюдаемое; О – ожидаемое; $\chi^2_{крит}(\alpha=0,05) = 3,84$; Fis – коэффициент инбридинга; PIC – мера информативности полиморфизма (0 – маркер мономорфен, 0,25-0,50 – умеренно информативный маркер, 0,50 и выше – высокоинформативный маркер)

Как видно из таблицы 1, наиболее распространенным генотипом в исследуемой популяции является генотип PRL AA (48,3%), за ним следует гетерозиготный генотип АВ (44,8%), а наименее распространенным является генотип ВВ (6,9%). Частота аллеля А (0,71) значительно превышает частоту аллеля В (0,29).

Распределение генотипов в исследуемой стаде скота соответствует теоретически ожидаемому согласно закону Харди-Вайнберга, о чем свидетельствует значение $\chi^2=0,48$, которое меньше критического (3,84) при уровне значимости 0,05. Это указывает на отсутствие направленного отбора по данному локусу в исследуемой популяции.

Отрицательное значение коэффициента инбридинга ($Fis=-0,083$) свидетельствует о незначительном избытке гетерозигот, что может быть связано с проявлением гетерозисного эффекта и отбором в пользу гетерозиготных животных. Показатель информативности полиморфизма ($PIC=0,329$) указывает на умеренную информативность локуса PRL для использования в селекционной работе.

Полученные нами результаты по частоте аллелей гена PRL согласуются с другими нашими данными [10], которые

также показывают преобладание аллеля А (0,84-0,87) у молочных пород Татарстана. Однако в нашем исследовании частота аллеля А несколько ниже (0,71), что может быть обусловлено особенностями генетической структуры популяции джерсейского скота.

Преобладание аллеля А в исследуемой популяции может быть результатом направленной селекции на молочную продуктивность, поскольку, согласно литературным данным [5, 7], данный аллель ассоциирован с более высоким удоем. Однако для джерсейской породы, которая селекционируется преимущественно на высокое содержание жира и белка в молоке, представляет интерес и аллель В, который ассоциирован с повышенной жирномолочностью.

Результаты генотипирования по локусу PIT1 представлены в таблице 2.

Полиморфизм по гену PIT1 показал, что в исследуемом стаде джерсейских коров преобладает генотип ВВ (63,2%), гетерозиготный генотип АВ встречается у 28,7% животных, а генотип АА имеет наименьшую частоту – 8,1% (табл. 2). Частота аллеля В (0,78) значительно превышает частоту аллеля А (0,22).

Таблица 2 – Полиморфизм гена гипофизарного фактора транскрипции (PIT1) у коров джерсейской породы

Показатель	n	Частота генотипа						Частота аллеля		χ^2	Fis	PIC
		AA		AB		BB						
		n	%	n	%	n	%	A	B			
О	87	7	8,1	25	28,7	55	63,2	0,22	0,78	3,16	-0,200	0,287
Е		4	4.6	30	34.5	53	60.9					

Значение критерия χ^2 для гена PIT1 составило 3,16, что ниже критического значения (3,84 при $p=0,05$), но приближается к нему, что может указывать на начальные стадии нарушения генетического равновесия по данному локусу. Отрицательное значение коэффициента инбридинга ($Fis=-0,200$) свидетельствует об избытке гетерозигот по сравнению с теоретически ожидаемым количеством. Показатель информативности полиморфизма ($PIC=0,287$) указывает на умеренную информативность локуса PIT1 для селекционной работы.

Полученные результаты согласуются с данными А.А. Оздемирова и соавторов [14],

которые также отмечали преобладание аллеля В (0,82-0,90) у молочного скота.

Результаты генотипирования по локусу GH представлены в таблице 3.

При анализе полиморфизма гену GH установлено наличие трех генотипов: LL, LV и VV. Наиболее встречаемым генотипом выявлен гетерозиготный генотип GH LV (52,9%), а гомозиготный генотип LL встречается у 26,4% животных, а генотип VV – у 20,7% особей. Частоты аллелей L и V составляют 0,53 и 0,47 соответственно, что указывает на относительно равномерное распределение данных аллелей в исследуемой популяции.

Таблица 3 – Полиморфизм гена соматотропина (GH) у коров джерсейской породы

Показатель	n	Частота генотипа						Частота аллеля		χ^2	Fis	PIC
		LL		LV		VV						
		n	%	n	%	n	%	L	V			
О	87	23	26,4	46	52,9	18	20,7	0,53	0,47	0,42	-0,070	0,374
Е		25	28,7	43	49,4	19	21,9					

Распределение генотипов соответствует равновесию Харди-Вайнберга ($\chi^2=0,42 < 3,84$). Отрицательное значение коэффициента инбридинга ($Fis=-0,070$) свидетельствует о незначительном избытке гетерозигот. Показатель информативности полиморфизма ($PIC=0,374$) указывает на умеренную информативность локуса 7GH для

селекционной работы.

Полученные нами результаты отличаются от данных многих ученых [10, 23, 24], которые сообщали о более высокой частоте генотипа L у черно-пестрой (0,87), ярославской (0,70) и холмогорской (0,87) породы, а также укавказской бурой породы (0,67-0,80) [15]. В нашем исследовании частоты аллелей L и V

более сбалансированы (0,53 и 0,47 соответственно), что может быть обусловлено особенностями популяции джерсейского скота.

Относительно высокая частота аллеля V в исследуемой популяции согласуется с направлением селекции джерсейской породы на жирномолочность, поскольку, по данным И.Ю. Долматовой и соавторов [13], данный аллель связан с высоким содержанием жира в молоке. Однако значительная доля аллеля L может указывать на смешанное направление селекции, учитывающее не только качественные, но и количественные показатели молочной продуктивности.

Выводы. Сравнительный анализ полиморфизма трех исследованных генов соматотропного каскада у коров джерсейской породы позволяет выявить некоторые закономерности:

1. По гену пролактина выявлено преобладание аллеля A (0,71) и генотипов: PRL AA (48,3%), PRL AB (44,8%). По гену гипофизарного фактора транскрипции PIT1 наблюдается выраженное доминирование аллеля B (0,78) и генотипа PIT1 BB (63,2%). По гену соматотропина отмечено относительно

равномерное распределение аллелей L (0,53) и V (0,47), с преобладанием гетерозиготного генотипа GH LV (52,9%)

2. Все три локуса находятся в состоянии генетического равновесия, что указывает на отсутствие интенсивного направленного отбора по данным генам в последних поколениях. Отрицательные значения коэффициентов инбридинга свидетельствуют об избытке гетерозигот, что может быть связано с проявлением гетерозисного эффекта и отбором в пользу гетерозиготных животных.

3. Наиболее полиморфным среди исследованных локусов является локус GH (PIC=0,374), за ним следуют локусы PRL (PIC=0,329) и PIT1 (PIC=0,287). Все три локуса характеризуются умеренной информативностью для селекционной работы.

4. Преобладание аллеля A гена PRL, аллеля B гена PIT1, а также аллеля V гена GH в исследуемом стаде соответствует направлению селекции джерсейской породы на высокое содержание жира и белка в молоке, поскольку, данные аллели ассоциированы с качественными показателями молочной продуктивности.

Литература

1. Характеристика молочной продуктивности коров-первотелок с разными генотипами соматотропина (GH) / Н. Ю. Сафина, И. Ю. Гилемханов, Ф. Ф. Зиннатова, Ш. К. Шакиров // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 3. С. 58-61. https://doi.org/10.12737/article_5db9535ed384a3.87060395
2. Герасимов Н. П. Генетическая структура казахского белоголового скота по комбинации полиморфизмов GH (G. 2141C>G) и GHR (G. 914T>A) // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 97. С. 155-160. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-97-155-160>
3. Герасимов Н. П. Оценка продуктивных качеств и эффективности выращивания молодняка казахской белоголовой породы в зависимости от генотипа по генам GH и GHR // Пермский аграрный вестник. 2023. № 4 (4). С. 95-100. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2023_44_95
4. Чевтаева Н. Д., Зиннатова Ф. Ф., Бикчантаев И. Т. Изучение ассоциации гена гормона пролактина (PRL) с молочной продуктивностью коров голштинской породы // Аграрный научный журнал. 2024. № 4. С. 94-98. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i4pp94-98>
5. The frequency of somatotrophic cascade polymorphic genes appearance and the meatiness and health of auliekol and kazakh white-headed cattle / B. Miciński, A. Nametov, I. Beishova et al. // Veterinarski Arhiv. 2022. Т. 92. № 5. С. 549-558. <https://doi.org/10.24099/vet.arhiv.1419>
6. Частота встречаемости гена соматотропина у коров холмогорской породы / И. С. Кожевникова, Н. А. Худякова, А. О. Ступина и др. // Пермский аграрный вестник. 2025. № 2 (50). С. 94-100. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2025_50_94
7. The Influence of Growth Hormone Gene Polymorphism on Growth Rate of Young Cattle / T. A. Sedykh, I. Y. Dolmatova, F. R. Valitov et al. // Iranian Journal of Applied Animal Science. 2020. Vol. 10(3). P. 445-451.
8. 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. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-2-60-70>
9. Effect of GH p.L127V Polymorphism and Feeding Systems on Milk Production Traits and Fatty Acid Composition in Modicana Cows / S. Bordonaro, S. Tumino, D. Marletta et al. // Animals. 2020. V. 10. P. 1-10. <https://doi.org/10.3390/ani10091651>
10. Полиморфизм генов пролактина и соматотропина у молочного скота Республики Татарстан / Р. Р. Шайдуллин, А. Б. Москвичева, Т. Х. Фаизов и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 7. С. 22-25. <https://doi.org/10.33943/MMS.2021.72.10.005>
11. Шевцова А. А., Климов Е. А., Ковальчук С. Н. Обзор вариативности генов, связанных с молочной продуктивностью крупного рогатого скота // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 11. С. 194-200.
12. Тарасова Е.И., Нотова С.В. Гены-маркеры продуктивных характеристик молочного скота (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т.103, № 3. С.58-80. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-58>
13. Взаимосвязь полиморфных генов пролактина и соматотропина крупного рогатого скота с молочной продуктивностью / И. Ю. Долматова, И. Н. Ганиева, Т. В. Кононенко и др. // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2020. №1(53). С.70-78. <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2020-53-1-70-78>
14. Полиморфизм генов PIT-1, PRL, GH молочного скота кавказской бурой породы, разводимого в различных природно-экологических зонах Республики Дагестан / А.А. Оздемиров, М.И. Селионова, Л.Н. Чижова и др. // Юг России: экология, развитие. 2020. 15(2). 165-171. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-2-165-171>

15. Межпородная дифференциация аллельного полиморфизма генов CSN3, PIT-1, PRL, GH, LEP молочного скота / Л. Н. Чижова, Е. С. Суржикова, А. И. Чудновец и др. // Вестник АПК Ставрополья. 2020. № 1 (37). С. 34-38. <https://doi.org/10.31279/2222-9345-2020-9-37-34-38>.
16. Grădinaru A. C., Ilie D. E. Molecular insights into PRL and PRLR genes' influence on milk obtaining - A review // Anim. Biol. Anim. Husb. 2022. No. 14. P. 12-17.
17. Связь полиморфизма гена PIT-1 (POU1F1) с признаками молочной продуктивности и воспроизводительной способности голштинского крупного рогатого скота / Э. Р. Гайнутдинова, Н. Ю. Сафина, Ф. Ф. Зиннатова, Ш. К. Шакиров // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 11. С. 69-73. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11115>.
18. Оценка генетического разнообразия алатауской, черно-пестрой и голштинской пород крупного рогатого скота Кыргызстана по генам PRL, GH и PIT-1 / Ж. Т. Исакова, В. Н. Кипень, К. Б. Чекиров и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 3. С. 10-14.
19. Полиморфные варианты гена PIT-1 крупного рогатого скота симментальской и красной степной пород Республики Казахстан / Г. Г. Джаксыбаева, Н. Н. Кочнев, Н. Н. Кайниденов // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2023. № 3 (68). С. 167-175. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-68-3-167-175>
20. Association of genetic variants of bovine prolactin with milk production traits of Black-and-White and Jersey cattle / A. Dybus, W. Grzesiak, H. Kamieniecki [et al. // Arch. Tierz. 2005. V. 48, N 2. P. 149-156. <https://doi.org/10.5194/aab-48-149-2005>.
21. Associations between polymorphisms of growth hormone releasing hormone (GHRH) and pituitary transcription factor 1 (PIT1) genes and production traits of limousine cattle / A. Dybus, M. Kmiec, Z. Sobek, W. Pietrzyk // Archives Animal Breeding. 2003. V 46 (6). P- 527-534. <https://doi.org/10.5194/aab-46-527-2003>.
22. Nucleotide sequence of the bovine growth hormone chromosomal gene / D. F. Gordon et al. // Mol. Cell. Endocrinol. 1983. V. 33. P. 81-95. [https://doi.org/10.1016/0303-7207\(83\)90058-8](https://doi.org/10.1016/0303-7207(83)90058-8)
23. Ильина А. В., Абрамова М. В., Евдокимов Е. Г. Полиморфизм аллельных вариантов генов белков молока у ярославской породы крупного рогатого скота // Аграрный научный журнал. 2023. № 10. С. 108-114. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp108-114>.
24. Полиморфизм генов CSN3, LGB, PRL, GH, LEP у холмогорских коров / В. Л. Ялуга, В. П. Прожерин, Я. А. Хабибрахманова и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 4. С. 5-8.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Зарубежнова Диана Викторовна – аспирант, e-mail: diana.zarubezhnova.99@mail.ru
 Шайдуллин Радик Рафаилович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, e-mail: tppi-kgau@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3172-3327>
 Ахметов Тахир Мунавирович - доктор биологических наук, профессор кафедры биологии, генетики, общей и биологической химии, e-mail: ahmetov-tahir@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3495-2432>
 Зиннатов Фарит Фатихович – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, генетики, общей и биологической химии, e-mail: ffzinnatov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0081-2810>
 Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.
 Тюлькин Сергей Владимирович – доктор биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail.ru: tulstv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5379-237X>
 Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской Академии наук, Москва, Россия.

POLYMORPHISM OF SOMATROPIN CASCADE GENES IN JERSEY COWS

D. V. Zarubezhnova, R. R. Shaydullin, T. M. Akhmetov, F. F. Zinnatov, S. V. Tyulkin

Abstract. This article presents the results of a study of somatotropin cascade gene polymorphisms (GH - somatotropin, PRL - prolactin, PIT1 - pituitary transcription factor) in first-calf Jersey cows. Allelic variants of PRL, PIT1 and GH genes were identified by polymerase chain reaction followed by restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP), using the restriction endonucleases Alu I, RsaI and HinfI. Restriction results were identified by agarose gel electrophoresis. The frequency of alleles and genotypes was determined according to E.K.Merkurieva, the observed and expected distributions were calculated using the Hardy-Weinberg method, and the indices of genetic equilibrium, inbreeding coefficients and polymorphism informativeness were calculated. It was established that A (0.71) allele and AA (48.3%) and BB (44.8%) genotypes predominate for PRL gene, B (0.78) allele and BB (63.2%) genotype predominate for PIT1 gene, L and V allele frequencies are 0.53 and 0.47, respectively, for GH gene with LV genotype being dominant (52.9%). All the studied loci are in the Hardy-Weinberg equilibrium state ($\chi^2 < 3.84$). Negative values of inbreeding coefficients indicate an excess of heterozygotes, which may be associated with the manifestation of heterotic effect and selection in favor of heterozygous animals. The most polymorphic locus among the studied loci is the GH locus (PIC=0.374), followed by the PRL (PIC=0.329) and PIT1 (PIC=0.287) loci. All three loci are characterized by moderate informativeness for breeding. The obtained results can be used to develop marker-assisted selection programs for Jersey breed.

Key words: cows, Jersey breed, polymorphism, somatotropin, prolactin, PIT1, genetic markers, breeding.

For citation: Polymorphism of somatotropin cascade genes in Jersey cows. Zarubezhnova D.V., Shaydullin R.R., Akhmetov T.M. [et al.]. Agrobiotechnologies and digital farming. 2025; 3 (15). 59-64 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2025-4-3-59-64>

References

1. Safina NYu, Gilemkhanov IYu, Zinnatova FF, Shakirov ShK. [Characteristics of milk productivity of first-calf cows with different somatotropin genotypes (GH)]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 3. 58-61 p. https://doi.org/10.12737/article_5db9535ed384a3.87060395
2. Gerasimov NP. [Genetic structure of Kazakh white-headed cattle by combination of polymorphisms GH (G. 2141C>G) and GHR (G. 914T>A)]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; 97.

155-160 p. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-97-155-160>

3. Gerasimov NP. [Assessment of productive qualities and efficiency of growing young Kazakh white-headed breed depending on the genotype for GH and GHR genes]. *Permskiy agrarnyy vestnik*. 2023; 4(44). 95-100 p. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2023_44_95

4. Chevtayeva ND, Zinnatov FF, Bikchantaev IT. [Study of the association of the prolactin hormone gene (PRL) with milk productivity of Holstein cows]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2024; 4. 94-98 p. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i4pp94-98>

5. Micinski B, Nametov A, Beishova I. The frequency of somatotrophic cascade polymorphic genes appearance and the meatiness and health of auliekol and kazakh white-headed cattle]. *Veterinarski Arhiv*. 2022; Vol.92. 5. 549-558 p. <https://doi.org/10.24099/vet.arhiv.1419>

6. Kozhevnikova IS, Khudiyakova NA, Stupina AO. [Frequency of somatotrophic gene occurrence in Kholmogorsky breed cows]. *Permskiy agrarnyy vestnik*. 2025; 2(50). 94-100 p. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2025_50_94

7. Sedykh TA, Dolmatova IY, Valitov FR. The influence of growth hormone gene polymorphism on growth rate of young cattle. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 2020; Vol.10(3). 445-451 p.

8. Yaryshkin AA, Shatalina OS, Leshonok OI. [Associations of polymorphic variants of the somatotrophic gene with economically valuable indicators of cows]. *Izvestiya Timiryazevskoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2021; 2. 60-70 p. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-2-60-70>

9. Bordonaro S, Tumino S, Marletta D. Effect of GH p.L127V polymorphism and feeding systems on milk production traits and fatty acid composition in Modicana Cows]. *Animals*. 2020; Vol.10. 1-10 p. <https://doi.org/10.3390/ani10091651>

10. Shaydullin RR, Moskvicheva AB, Faizov TKh. [Polymorphism of prolactin and somatotrophic genes in dairy cattle of the Republic of Tatarstan]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2021; 7. 22-25 p. <https://doi.org/10.33943/MMS.2021.72.10.005>

11. Shevtsova AA, Klimov EA, Kovalchuk SN. [Review of variability of genes associated with dairy productivity of cattle]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2018; 11. 194-200 p.

12. Tarasova EI, Notova SV. [Marker genes of productive characteristics of dairy cattle (review)]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2020; Vol.103. 3. 58-80 p. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-58>

13. Dolmatova IYu, Ganieva IN, Kononenko TV, Valitov FR. [Relationship of polymorphic genes of prolactin and somatotrophic of cattle with milk productivity]. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020; 1 (53). 70-78 p. <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2020-53-1-70-78>

14. Ozdemirov AA, Selionova MI, Chizhova LN. [Polymorphism of PIT-1, PRL, GH genes of dairy cattle of the Caucasian brown breed bred in various natural and ecological zones of the Republic of Dagestan]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye*. 2020; 15(2). 165-171 p. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-2-165-171>

15. Chizhova LN, Surzhikova ES, Chudnovets AI. [Interbreed differentiation of allelic polymorphism of CSN3, PIT-1, PRL, GH, LEP genes of dairy cattle]. *Vestnik APK Stavropolya*. 2020; 1(37). 34-38 p. <https://doi.org/10.31279/2222-9345-2020-9-37-34-38>

16. Gradinaru AC, Ilie DE. Molecular insights into PRL and PRLR genes' influence on milk obtaining - A review. *Anim. Biol. Anim. Husb*. 2022; 14. 12-17 p.

17. Gaynutdinova ER, Safina NYu, Zinnatova FF, Shakirov ShK. [Relationship of PIT-1 (POU1F1) gene polymorphism with signs of milk productivity and reproductive ability of Holstein cattle]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2019; Vol.33. 11. 69-73 p. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11115>

18. Isakova ZhT, Kipen VN, Chekirov KB. [Assessment of genetic diversity of Alatau, Black-and-white and Holstein cattle breeds of Kyrgyzstan by PRL, GH and PIT-1 genes]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2019; 3. 10-14 p.

19. Dzhakysbaeva GG, Kochnev NN, Kaynidenov NN. [Polymorphic variants of the PIT-1 gene of Simmental and Red Steppe cattle in the Republic of Kazakhstan]. *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*. 2023; 3(68). 167-175 p. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-68-3-167-175>

20. Dybus A, Grzesiak W, Kamieniecki H. Association of genetic variants of bovine prolactin with milk production traits of Black-and-White and Jersey cattle. *Arch. Tierz*. 2005; Vol.48. 2. 149-156 p. <https://doi.org/10.5194/aab-48-149-2005>

21. Dybus A, Kmiec M, Sobek Z, Pietrzyk W. Associations between polymorphisms of growth hormone releasing hormone (GHRH) and pituitary transcription factor 1 (PIT1) genes and production traits of limousine cattle. *Archives Animal Breeding*. 2003; Vol.46(6). 527-534 p. <https://doi.org/10.5194/aab-46-527-2003>

22. Gordon DF. Nucleotide sequence of the bovine growth hormone chromosomal gene. *Mol. Cell. Endocrinol*. 1983; Vol.33. 81-95 p. [https://doi.org/10.1016/0303-7207\(83\)90058-8](https://doi.org/10.1016/0303-7207(83)90058-8)

23. Ilyina AV, Abramova MV, Evdokimov EG. [Polymorphism of allelic variants of milk protein genes in Yaroslavl cattle breed]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2023; 10. 108-114 p. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp108-114>

24. Yaluga VL, Prozherin VP, Khabibrakhmanova YaA. [Polymorphism of CSN3, LGB, PRL, GH, LEP genes in Kholmogorsky cows]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2018; 4. 5-8 p.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Zarubezhnova Diana Viktorovna – post-graduate student, e-mail: diana.zarubezhnova.99@mail.ru

Shaydullin Radik Rafailovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, e-mail: tppi-kgau@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3172-3327>

Akhmetov Takhir Munavirovich – Doctor of Biological Sciences, Professor of Biology, Genetics, General and Biological Chemistry Department, e-mail: ahmetov-tahir@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3495-2432>

Zinnatov Farit Fatikhovich – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor of Biology, Genetics, General and Biological Chemistry Department, e-mail: ffzinnatov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0081-2810>

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

Tyulkin Sergey Vladimirovich – Doctor of Biological Sciences, senior researcher, e-mail: tulsv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5379-237X>

Federal Research Center for Food Systems named after V.M. Gorbатов of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.