



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-6

УДК 636.2.034:575.113

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОЛИМОРФИЗМА *CSN3*, *PRL*, *BLG*, *TNF-α* ГЕНОВ И ГРУПП КРОВИ У КОРОВ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ*

Г.М. ГОНЧАРЕНКО, доктор биологических наук, заведующая лабораторией,
С.Н. МАГЕР, доктор биологических наук, руководитель,
Н.Б. ГРИШИНА, кандидат биологических наук, научный сотрудник,
Т.С. ХОРОШИЛОВА, младший научный сотрудник,
О.В. ПЛАХИНА, младший научный сотрудник
Сибирский научно-исследовательский институт животноводства СФНЦА РАН
630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск
e-mail: sibnptij@ngs.ru

Представлены результаты полиморфизма *CSN3*, *PRL*, *BLG*, *TNF-α* генов и иммуногенетическая характеристика коров симментальской породы из стад Новосибирской области и Республики Алтай. Методом полимеразной цепной реакции выявлены генотипы изучаемых генов, определена их частота в разных стадах и рассчитаны популяционно-генетические параметры. Исследования показали, что в стаде коров горной зоны наблюдалась более высокая частота AA генотипа на 0,179 и более низкая генотипа AB на 0,142 гена *k*-казеина, в сравнении со стадом степной зоны. Ген *PRL* более, чем на 0,70 представлен гомозиготным генотипом AA. Частота генотипов гена *BLG* и *TNF-α* в сравниваемых стадах симменталов не имела значимых различий. При сравнении гомозиготности генов в стадах показано, что наиболее высокое ее значение наблюдалось по гену *PRL* в обоих стадах (72,1–76,3 %). По остальным генам соотношение гомо и гетерозиготных генотипов находилось на одном уровне, за исключением гена *CSN3*, где разница по этому показателю составляла 25,4 %. Генное равновесие в стадах не нарушено. При анализе частот аллелей исследуемых генов установлено, что в стаде горной зоны частота А аллеля *CSN3* гена выше, аллеля В ниже (на 0,109), в сравнении с симменталами степной зоны. На основании полученных данных вычислены селекционно-генетические параметры (C_a , SH , N_{aj} , V), значение которых в исследуемых стадах находится на одном уровне. Иммуногенетическим анализом установлено антигенное сходство и различие стад чистопородных и голштиinizированных симменталов. На основании частот групп крови вычислен индекс генетического сходства (r) между стадами, который находится на уровне 0,755–0,866, по частоте генотипов *CSN3*, *PRL*, *BLG*, *TNF* генов – 0,918.

Ключевые слова: симменталы, гены, генотипы, маркеры, полиморфизм, гомозиготность.

Симментальская порода скота, одна из древнейших пород мира, благодаря крепкому здоровью, возможности хорошо переваривать большое количество грубых кормов, короткому межотельному периоду и легким отелам порода успешно разводится в раз-

ных природно-климатических условиях. Особенности горной местности, длительное использование животными пастбищ (май – октябрь), а также селекция, направленная на повышение качественного состава молока (жир, белок), обуславливают фенотипичес-

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, номер проекта 16-44-040066 «Изучение влияния эколого-географических условий на формирование генотипических особенностей жвачных животных с использованием ДНК-маркеров и определение их связи с хозяйственно-ценными признаками».

кие признаки (крепкий копытный рог, сравнительно невысокая живая масса, средний уровень молочной продуктивности). Молоко коров отличается высокими сыропригодными качествами, поэтому порода занимает ведущее место в Республике Алтай (90 %) и предгорье Алтайского края. В Новосибирской области на долю симменталов приходится около 3 % всего поголовья.

Для увеличения молочной продуктивности симменталов в Новосибирской области скрещивают с красно-пестрыми голштинами. Процесс голштинизации благотворно отражается на удое и форме вымени и оказывает влияние на генотипическую структуру стада. Процесс голштинизации, с точки зрения улучшения хозяйственно ценных признаков животных, изучен достаточно широко. В меньшей степени исследовано его влияние на аллелофонд и популяционно-генетическую характеристику стад. Показано, что в результате скрещивания симменталов с красно-пестрыми голштинофризами происходит утрата части антигенов и аллелей *B* системы, имеющих в большом количестве у исходной породы [1].

В связи с этим, интерес представляют генетические маркеры, вовлеченные в процесс отбора, благодаря ассоциированности с продуктивными признаками, особенно с качественными характеристиками получаемой от них продукции (мраморность мяса, содержание жира и белка в молоке, его сыропригодность и др.) и «нейтральные» (группы крови).

В последние годы в животноводческой практике все более широкое применение находят SNP (Single Nucleotide Polymorphisms), к которым в качестве потенциальных маркеров, определяющих лактационные способности животного, можно отнести аллели генов молочных белков, таких как *CSN3* (*k*-казеин), *BLG* (β -лактоглобулин), *PRL* (пролактин).

Ген *CSN3* привлекает внимание исследователей благодаря выявленной ассоциации В-аллеля с повышенным содержанием белка в молоке и его технологическими свойствами для производства сыра, особенно твердых сортов [2–8].

Ген бета-лактоглобулина (*LGB*) отвечает за белкомолочность и показатель биологической ценности молока. Вариант *LGBB* связан с высоким содержанием в молоке казеиновых белков и процентом жира, а вариант *LGBA* ассоциируется с количеством сывороточных белков. Вариант – В, бета-лактоглобулина может быть принят как основной, поскольку он является наиболее частым у большинства пород [3,5,9].

Ген пролактин *PRL* относится к семейству белковых гормонов, участвующих в инициации и поддержании лактации у млекопитающих. Его рассматривают в качестве одного из потенциальных генетических маркеров молочной продуктивности у сельскохозяйственных животных. Установлена положительная связь генотипов АА и АВ этого гена с удоем и белкомолочностью у коров черно-пестрой, бурой швицкой, холмогорской, ярославской и симментальской пород [9–13].

При изучении резистентности животных и адаптационных способностей в настоящее время привлекается ген фактора некроза опухоли альфа *TNF- α* , который участвует в регуляции различных метаболических процессов, что делает его перспективным геном-кандидатом, контролирующим массу тела и показатели роста у животных [14–17]. Показано, что телята красной степной породы с генотипом GA полиморфизма -824 A/G в гене *TNF- α* имеют более низкую массу при рождении по сравнению с генотипом GG [14].

Маркеры групп крови применимы для анализа происходящих изменений селекционно-генетических параметров в отдельных стадах, породах, линиях благодаря их надежной идентификации особей и относительной нейтральности к отбору. Кроме того, они легко выявляются, а результаты воспроизводятся и сопоставляются в разных лабораториях [18].

Цель исследований – изучить генетические особенности и селекционно-генетические параметры чистопородных и голштинизированных симменталов разных стад с использованием групп крови и *CSN3*, *PRL*, *BLG*, *TNF- α* генов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на стадах симментальской породы в ФГУП «АСЭХ» Республики Алтай ($n=232$) и АО «Ивановское» ($n=259$) Новосибирской области. Материалом для исследований служила консервированная ЭДТА КЗ кровь, из которой выделяли ДНК с использованием набора экстракции из клинического материала «Ампли Прайм ДНК-сорб-В» по прописи изготовителя ООО «НекстБио». ДНК-типирование коров по генам *k*-казеина, *PRL*, *BLG* было проведено согласно «Рекомендациям по геномной оценке крупного рогатого скота» [19]. Методика определения полиморфизма гена *TNF-α*-824 A/G изложена в статьях [14,17]. Амплификацию проводили в амплификаторе С1000 «BioRad». Полученные продукты амплификации генов обрабатывали эндонуклеазами рестрикции *Hind* III, *NotI*, *RsaI* (СибЭНЗИМ, Новосибирск) согласно прописи изготовителя. Визуализацию и идентификацию генотипов определяли электрофорезом в 2 % агарозном геле в УФ-свете.

Иммуногенетическое типирование проводили с использованием моноспецифических сывороток-реагентов (ОАО «Самарское»), согласно рекомендациям [20].

Вычисление частот аллелей и генотипов проводили по формуле

$$p_i = f_i / 2N,$$

где p_i – частота i -го аллеля, f_i – число этого аллеля в популяции, N – численность популяции [21].

Ошибку для качественного признака вычисляли по формуле

$$m = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}},$$

где p – частота признака; n – число животных в исследуемой выборке.

Для оценки генетического сходства использовали формулу

$$r = 1 - \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n}},$$

где r – генетическое сходство, $\sum \Delta^2$ – сумма квадратов величины разных частот антигенов,

сравниваемых популяций, n – число антигенов, по которым проводится сравнение [22].

Ошибку вычисляли по формуле

$$m = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{N_1 + N_2}{N_1 \cdot N_2} (1 - r^2)},$$

где N_1 и N_2 – объемы выборок, r – показатель сходства [23].

Статистическую обработку проводили с использованием стандартных компьютерных программ Excel по общепринятым методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полиморфизма *CSN3*, *PRL*, *BLG*, *TNF-α* генов симменталов в разных стадах показал, что соотношение их генотипов не имеет различий, за исключением гена *CSN 3* (табл. 1).

В стаде коров ФГУП «АСЭХ» наблюдалась более высокая (на 0,179), частота AA генотипа *k*-казеина, и соответственно, более низкая (на 0,142), встречаемость гетерозиготного генотипа АВ в сравнении со стадом АО «Ивановское» ($p < 0,05$). При этом следует отметить пониженный уровень в обоих стадах встречаемости ВВ генотипа *k*-казеина. Аналогичные данные получены и на симменталах Сербии (AA – 0,428; АВ – 0,476; ВВ – 0,09) и у симменталов Турции (AA – 0,54; АВ – 0,36; ВВ – 0,10), а также у помесей симментал-голштинских коров (AA – 0,575; АВ – 0,3625 и ВВ – 0,0625) [6–8]. Низкая концентрация этого генотипа у симменталов (2,5 %), т.е. на уровне чернопестрой породы (1,7–3,3 %), была выявлена [24–26]. Следует отметить, что в предыдущих исследованиях стад симментальской породы Республики Алтай нами было показано более высокое его содержание (12–17 %) [27, 28]. Наиболее высокая частота желательного генотипа ВВ этого гена выявлена в красной горбатовской и костромской породах (23–33 %) [29]. Интересно отметить, что этот ген у буйволов мономорфный по аллелю В [30–32].

В анализируемых стадах ген *PRL* на 0,70 и более, представлен гомозиготным генотипом AA, что соответствует данным, по-

Частота генотипов коров симментальской породы

Генотип	Хозяйство							
	АО «Ивановское»				ФГУП «АСЭХ»			
	<i>n</i>	частота	χ^2	C_a , %	<i>n</i>	частота	χ^2	C_a , %
CSN3 ^{AA}	75	0,385 ± 0,035			84	0,564 ± 0,041		
CSN3 ^{AB}	101	0,518 ± 0,035	3,250	54,0	56	0,376 ± 0,040	0,007	62,7
CSN3 ^{BB}	19	0,097 ± 0,021			9	0,060 ± 0,002		
PRL ^{AA}	75	0,714 ± 0,044			115	0,733 ± 0,353		
PRL ^{AB}	28	0,267 ± 0,043	0,103	72,1	41	0,261 ± 0,035	1,64	76,3
PRL ^{BB}	2	0,019 ± 0,013			1	0,006 ± 0,006		
BLG ^{AA}	16	0,147 ± 0,339			29	0,213 ± 0,035		
BLG ^{AB}	63	0,578 ± 0,047	3,340	50,8	64	0,471 ± 0,043	0,700	50,5
BLG ^{BB}	30	0,275 ± 0,042			43	0,316 ± 0,040		
TNF- α ^{AA}	18	0,121 ± 0,027			27	0,199 ± 0,034		
TNF- α ^{AG}	73	0,493 ± 0,041	0,531	53,5	60	0,441 ± 0,043	1,238	51,3
TNF- α ^{GG}	57	0,385 ± 0,040			49	0,360 ± 0,041		

лученным на породах молочного направления продуктивности [11, 33]. Аналогичная частота генотипов выявлена у симменталов, разводимых в Якутии (AA – 54–78 %; AB – 27–45; BB – 0–2 %) [34]. Однако по данным [35] у коров красной степной породы частота генотипа BB составляла 62,4 %; AB – 31,3 и AA – 6,3 %.

Соотношение генотипов гена *BLG* в сравниваемых стадах симменталов не имели значимых различий. По наблюдениям ряда авторов варьирование частот генотипов этого гена довольно широкое [3, 9].

При анализе полиморфизма гена *TNF- α* в стадах симментальской породы существенных отличий не выявлено. Доля животных с гетерозиготным генотипом AG составляла 0,44–0,49, тогда как гомозиготных с AA генотипом было 0,12–0,20 и, соответственно GG – 0,36 – 0,39. Несколько иное соотношение этих генотипов выявлено в красной степной породе – G/G, G/A и A/A – 54, 42 и 4 % [14] и черно-пестрой породы Западной Сибири (GG – 23,6 %; G/A – 42,7; AA – 33,6 %) [15,16].

При сравнении гомозиготности генов в стадах показано, что наиболее высокое ее значение наблюдалось по гену *PRL* в обоих стадах (72,1–76,3 %). По остальным генам

соотношение гомо и гетерозиготных генотипов находилось на одном уровне, за исключением гена *CSN3*, где разница по этому показателю составляла 25,4 %.

Анализ частот аллелей исследуемых генов в сравниваемых стадах показал их примерно одинаковое значение, за исключением гена *CSN 3*. В стаде ФГУП «АСЭХ» частота А аллеля этого гена выше, аллеля В ниже на 0,109, в сравнении с симменталами АО «Ивановское» ($p < 0,001$) (табл. 2).

Таблица 2

Частота аллелей в стадах коров симментальской породы

Аллель	Хозяйство	
	ЗАО «Ивановское»	ФГУП «АСЭХ»
CSN3 ^A	0,643 ± 0,024	0,752 ± 0,025
CSN3 ^B	0,357 ± 0,024	0,248 ± 0,025
PRL ^A	0,848 ± 0,025	0,863 ± 0,019
PRL ^B	0,152 ± 0,025	0,137 ± 0,019
BLG ^A	0,436 ± 0,340	0,449 ± 0,030
BLG ^B	0,564 ± 0,340	0,551 ± 0,030
TNF- α ^A	0,368 ± 0,028	0,419 ± 0,030
TNF- α ^G	0,632 ± 0,028	0,581 ± 0,030

Таблица 3

Селекционно-генетические параметры стад симменталов, %

Показатель	Хозяйство	
	ЗАО «Ивановское»	ФГУП «АСЭХ»
*C _a	58,01 ± 4,18	60,2 ± 4,07
**SH	11,76 ± 2,73	8,01 ± 2,26
***N _{aj}	1,72 ± 1,10	1,66 ± 1,06
****V	42,29 ± 4,19	40,24 ± 4,08

*C_a – средняя гомозиготность по всем системам, вычисленная по формуле Робертсона (1956);

**SH – коэффициент гомозиготности, вычисленный по формуле Гильдермана;

***N_{aj} – число эффективно действующих аллелей, вычисленное по формуле Робертсона (1956);

****V – степень генетической изменчивости.

На основании полученных данных вычислены селекционно-генетические параметры, значения которых в исследуемых хозяйствах находятся на одном уровне (табл. 3).

Индекс генетического сходства (*r*) между чистопородными симменталами (ФГУП «АЭСХ») и голштинизированными симменталами (АО «Ивановское») находился на уровне 0,918 ± 0,021.

Учитывая, что группы крови являются достаточно информативными генетическими маркерами для характеристики популяционных параметров, они были использованы для оценки генетического сходства исследуемых стад (табл. 4).

При анализе антигенной структуры стад выявлено их сходство по 14 антигенам: A₂, B₁, O₃, T₂, Y₁, A₂', E₂', J₂', G'', C₁, F, L, H', U''. Стадо симменталов ФГУП «АЭСХ» характеризовалось более высокой концентрацией маркеров O₁Q', симменталы АО «Ивановское» – B₂, G₂, Q, U' антигенами, у голштинизированных симменталов выявлена повышенная частотность антигенов: A₁, O', R₁, L' по сравнению с другими сравниваемыми стадами (*p* < 0,01; *p* < 0,001). При сравнении чистопородных симменталов между собой также установлены различия по частотам антигенов: B₂, G₂, G₃, I₁, Q, A₁'3, B', D', P₂, Q', O', Y', C₂, W, L', V, S₁, S₂, U', Z на 0,13-0,52 (*p* < 0,01; *p* < 0,001). Голштинизированные симменталы отличаются от симменталов ФГУП «АЭСХ» по встречае-

Таблица 4

Антигенная структура стад симменталов

Антиген	Хозяйство		
	ФГУП АСЭХ, n=52	АО «Ивановское» (ч/п симменталы), n=150	АО «Ивановское» (голштинизированные симменталы), n= 109
A ₁	0,42 ± 0,068	0,37 ± 0,039	0,54 ± 0,048
A ₂	0,59 ± 0,068	0,55 ± 0,041	0,57 ± 0,047
B ₁	0,65 ± 0,066	0,70 ± 0,048	0,63 ± 0,046
B ₂	0,30 ± 0,063	0,47 ± 0,041	0,38 ± 0,046
G ₂	0,42 ± 0,068	0,94 ± 0,019	0,43 ± 0,047
G ₃	0,28 ± 0,063	0,68 ± 0,038	0,25 ± 0,041
O ₁	0,63 ± 0,066	0,53 ± 0,041	0,45 ± 0,047
I ₁	0,27 ± 0,062	0,01 ± 0,007	0,22 ± 0,04
O ₃	0,96 ± 0,027	0,93 ± 0,02	0,85 ± 0,034
P ₂	0,71 ± 0,063	0,69 ± 0,037	0,66 ± 0,045
Q	0,34 ± 0,066	0,54 ± 0,041	0,28 ± 0,043
T ₂	0,09 ± 0,040	0,07 ± 0,021	0,18 ± 0,04
Y ₁	0,07 ± 0,035	0,10 ± 0,024	0,17 ± 0,036
A ₁ '	0,23 ± 0,058	0,46 ± 0,041	0,36 ± 0,046
A ₂ '	0,55 ± 0,069	0,45 ± 0,041	0,58 ± 0,047
B'	0,67 ± 0,065	0,40 ± 0,040	0,77 ± 0,04
D'	0,88 ± 0,045	0,58 ± 0,040	0,97 ± 0,016
E ₂ '	0,50 ± 0,069	0,58 ± 0,04	0,49 ± 0,049
I'	0,27 ± 0,062	0,17 ± 0,031	0,32 ± 0,045
J ₂ '	0,30 ± 0,063	0,32 ± 0,026	0,25 ± 0,041
P ₂ '	0,88 ± 0,045	0,46 ± 0,041	0,95 ± 0,021
Q'	0,65 ± 0,059	0,43 ± 0,041	0,5 ± 0,048
O'	0,53 ± 0,069	0,34 ± 0,039	0,73 ± 0,043
Y'	0,63 ± 0,061	0,84 ± 0,030	0,76 ± 0,041
G''	0,84 ± 0,051	0,89 ± 0,025	0,93 ± 0,024
G'''	0,84 ± 0,051	0,88 ± 0,026	0,89 ± 0,03
C ₁	0,55 ± 0,069	0,58 ± 0,041	0,64 ± 0,046
C ₂	0,88 ± 0,045	0,60 ± 0,040	0,94 ± 0,023
X ₂	0,63 ± 0,061	0,65 ± 0,039	0,38 ± 0,046
R ₁	0,15 ± 0,049	0,03 ± 0,014	0,34 ± 0,045
W	0,92 ± 0,038	0,59 ± 0,040	0,97 ± 0,016
L'	0,30 ± 0,063	0,51 ± 0,041	0,72 ± 0,043
F	0,92 ± 0,038	0,95 ± 0,017	0,96 ± 0,019
V	0,13 ± 0,047	0,26 ± 0,036	0,39 ± 0,047
L	0,89 ± 0,043	0,88 ± 0,026	0,79 ± 0,039
S ₁	0,15 ± 0,049	0,31 ± 0,038	0,22 ± 0,04
S ₂	0,44 ± 0,067	0,29 ± 0,050	0,40 ± 0,047
H'	1,0 ± 1,0	0,98 ± 0,011	0,96 ± 0,019
U'	0,42 ± 0,068	0,65 ± 0,039	0,09 ± 0,27
U''	0,11 ± 0,043	0,03 ± 0,014	0,17 ± 0,036
Z	0,78 ± 0,057	0,36 ± 0,039	0,76 ± 0,041

мости маркеров групп крови: $O_1, Q', O', X_2, R_1, L', V, U'$ на 0,15-0,42 ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$). Процесс голштинизации оказал влияние на частотность антигенов симменталов стада АО «Ивановское». Значительные отличия между ними выявлены по антигенам: $A_1, G_2, G_3, I_1, Q, B', D', I', P_2', O', C_2, X_2, R_1, W, L', U', Z$ на 0,15-0,56 ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

Различия в частотах антигенов выразились в индексе генетического сходства, значение которого было ниже между стадами симменталов степной и горной зон ($0,792 \pm 0,049$), тогда как между симменталами ФГУП «АЭСХ» и голштинизированными симменталами АО «Ивановское» он находился на уровне $0,866 \pm 0,042$. Наиболее значимые различия и, соответственно, самый низкий индекс генетического сходства выявлен между чистопородными и голштинизированными симменталами в АО «Ивановское» ($0,755 \pm 0,041$).

ВЫВОДЫ

1. В стадах симментальской породы степной и горной зоны выявлен полиморфизм *CSN 3, PRL, BLG, TNF- α* генов, соотношение генотипов и аллелей которых не имело существенных различий, за исключением гена *CSN 3*. В стаде коров ФГУП «АСЭХ» наблюдалась более высокая на 0,179 частота AA генотипа и, соответственно, более низкая (на 0,142), встречаемость генотипа AB, в сравнении со стадом АО «Ивановское» ($p < 0,05$), что отразилось на гомозиготности этого гена, которая была выше в горной зоне на 25,4 %, чем у симменталов степной зоны. Наиболее высокая гомозиготность в обоих стадах отмечена по гену *PRL* (72,1–76,3 %).

2. Основные показатели генетической изменчивости находятся на одном уровне: средняя гомозиготность (C_a) – 58,0–60,2; коэффициент гомозиготности по всем генам (SH) – 11,76–8,01; число эффективно действующих аллелей (N_{aj}) – 1,72–1,66; степень генетической изменчивости (I) – 42,29–40,24.

3. Иммуногенетическим анализом животных по частоте антигенов выявлено сходство и различие стад, выразившееся в индексе генетического сходства (r). Более низкое его значение наблюдалось между стадами симменталов степной и горной зон

($0,792 \pm 0,049$), несколько выше – между симменталами ФГУП «АЭСХ» и АО «Ивановское» ($0,866 \pm 0,042$). Наиболее значимые различия и, соответственно, самый низкий индекс генетического сходства выявлен между чистопородными и голштинизированными симменталами в АО «Ивановское» ($0,755 \pm 0,041$). Индекс генетического сходства между чистопородными и голштинизированными симменталами, вычисленный по генам *CSN3, PRL, BLG, TNF- α* , находился на уровне $0,918 \pm 0,021$, что вполне объяснимо незначительными различиями частот генотипов этих генов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Герасимова Л.А. Иммуногенетические показатели базового генофонда скота популяции ОАО «Племзавод Бородинский» // Вестн. Красноярского ГАУ. – 2014. – № 3. – С. 160–164.
2. Лоретец О.Г., Матушкина Е.В. Влияние генотипа каппа-казеина на технологические свойства молока // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 3 (121). – С. 23–26.
3. Зарипов О.Г. Генотипирование крупного рогатого скота по генам бета-лактоглобулина и каппа-казеина методами ДНК-технологии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 2010. – 24 с.
4. Шайдулин Р.Р., Ганиев А.С. Оценка полиморфизма гена каппа-казеина у животных черно-пестрой породы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии им. П.А. Столыпина. – 2015. – № 3 (31). – С. 104–109.
5. Хабибрахманова А.Я. Полиморфизм генов молочных белков и гормонов крупного рогатого скота: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – п. Лесные Поляны. Московской обл.: ВНИИплем., 2009. – 19 с.
6. Akyuz Bilal, Korhan Arslan, Davut Bayram, Kaan Miscan Allele frequency of kappa-casein, growth hormone and prolactin, gene in Holstein, Brown Swiss and Simmental cattle breeds in Turkeu // Kafkas Univ Vet Fak Derg – N 19 (3) – 2013. – С. 439–444.
7. Tracoviccka A., Moravcikova N., Navratilova A. Kappa-casein gene polymorphism (CSN3) and its effect on milk production traits // Acta futotechnica et zootechnica. – Nitra, Slovak University Agriculture in Nitra – 2012. – N 3 – P. 61–64.

8. **Djedovic R., Bogdanovic V., Perisic P., Stanojevic D., Popovic J., Brka M.** Relationship between genetic polymorphism of k-casein and quantitative milk yield traits in cattle breeds and crossbreeds in Serbia // *Genetika*. – 2015. – Vol 47, N 1. – P 23–32.
9. **Павлова Н.И., Филиппова Н.П., Чугунов А.В., Додохов В.В.** Полиморфизм генов CSN3, LGB и PRL у крупного рогатого скота в Республике САХА (Якутия) // *Достижения науки и техники АПК*. – 2016. – Т. 30, № 11, – С. 103–106.
10. **Лазебная И.В., Лазебный О.Е., Максименко В.Ф., Сулимов Г.Е.** // Полиморфизм генов гормона роста и пролактина в связи с признаками качества молока у крупного рогатого скота ярославской породы // *Сельскохозяйственная биология* – 2012. – № 3. – С. 39–44.
11. **Закирова Г.М., Султанова Р.Р., Зиннатов Ф.Ф.** Полиморфизм гена пролактина у коров татарстанского типа холмогорского скота // *Ученые записки государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. – 2011. – № 205. – С. 61–64.
12. **Некрасов А.А., Попов Н.А., Попов А. Н., Федотова Е.Г.** Ассоциация молочной продуктивности коров-первотелок черно-пестрой голштинской породы с генами bGH, bPRL, k-CN // *Сб. статей конференции, посвященной 85-летию со дня рождения Л.К. Эрнста*. – Киров, 2015. – С. 246–251.
13. **Попов А.Н., Попов Н.А., Хомушку Ч.М.** Исследование полиморфизма генов bGH, k-CN, bPRL в стадах черно-пестрой голштинской породы // *Проблемы биологии продуктивных животных*. – 2011. – Спецвыпуск № 4. – С. 107–110.
14. **Крыцина Т.И., Кочнев Н.Н., Голубева Е. Б., Айтназаров Р.Б., Гончаренко Г. М., Юдин Н.С.** Ассоциация полиморфизма – 824 A/G гена фактора некроза опухоли с показателями роста телят красной степной породы // *Вестник НГАУ*. – 2014. – № 3 (33). – С. 71–75.
15. **Люханов М.П., Петухов В.Л., Короткевич О.С., Себежко О.** Исследование однонуклеотидного полиморфизма SNPs по гену TNFR1 у крупного рогатого скота черно-пестрой породы в Западной Сибири в связи с молочной продуктивностью // *Зоотехния*. – 2015. – № 3. – С. 2–3.
16. **Люханов М.П., Короткевич О.С., Петухов В.Л.** Связь SNPs гена TNF-α у черно-пестрого скота Западной Сибири с показателями молочной продуктивности // *Главный зоотехник*. – 2014. – № 10. – С. 21–26.
17. **Stachura A., Brym P. Bojarojc-Nosowcz, Kaczmarczyk E.** Polymorphism and expression of the tumor necrosis factor receptor II gene in cows infected with the bovine leukemia virus // *Polish Journal of Veterinary Sciences*. – 2016. – Vol. 19, N 1. – P. 125–131.
18. **Ерёмина И.Ю.** Оценка степени генетической дифференциации маточного поголовья Красноярского типа черно-пестрой породы в СПК «Алексеевский» // *Вестн. Красноярского ГАУ*. – 2014. – № 2 – С. 139–143.
19. **Калашникова Л.А., Хабибрахманова Я. А., Павлова И.Ю. и др.** Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота. – *Лесные Поляны, Московская область*, 2015. – 33 с.
20. **Сухова Н.О., Деева В.С., Лепёхин И.Н., Говорухин Д.В.** Группы крови крупного рогатого скота и их использование в селекционной работе: Метод. рекомендации. РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибНИПТИЖ. – Новосибирск. – 1992. – 48 с.
21. **Меркурьева Е.К.** Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. – М.: Колос. – 1970. – 424 с.
22. **Серебровский А.С.** Генетический анализ. – М.: Наука. – 1970. – 342 с.
23. **Животовский Л.А., Сороковой П.Ф., Машуров А.М.** О вычислении индексов сходства между популяциями животных по частотам генов, контролирующим полиморфные признаки // *Генетика*. – 1973. – Т. 4. – С. 122–127.
24. **Долматова И.Ю., Валитов Ф.Р.** Оценка генетического потенциала крупного рогатого скота по маркерным генам // *Вестник Башкирского университета*. – 2015. – Т 20. – № 3. – С. 850–953.
25. **Шайдулин Р.Р., Ганиев А.С.** Оценка полиморфизма гена каппа-казеина у животных черно-пестрой породы // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии им. П.А. Столыпина*. – 2015 – № 3 (31) – С. 104–109.
26. **Мачульская Е.В.** Уровень молочной продуктивности коров голштинской породы черно-пестрой масти разных генотипов по локусу BoLADRB и каппа-казеина // *авто-*

- реф. дис. ... канд. биол. наук. – Ставрополь, 2009. – 23 с.
27. **Гончаренко Г.М., Горячева Т.С., Медведева Н.С., Гришина Н.Б., Акулич Е.Г., Кононенко Е.В.** Полиморфизм гена *k*-казеина и сыродельческие признаки молока коров симментальской породы // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 10. – С. 45–46.
 28. **Гончаренко Г.М., Гришина Н.Б., Плахина О.В., Герасимчук Л.Д., Бамбух В.И., Панков Е.А., Панков С.А.** Влияние голштинизации симментальской породы на изменение полиморфизма генов CSN3, BLG и их связь с продуктивностью и сыропригодностью. // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2016. – № 4. – С. 44–53.
 29. **Калашникова Л.А., Дунин И.М., Глазко В.И., Рыжова Н.В., Голубина Е.П.** ДНК-технологии оценки сельскохозяйственных животных. – п. Лесные Поляны: Изд-во ВНИИплем, 1999. – 148 с.
 30. **Mitra A.P., Schlee P., Krause I., Blusch J., Werner T., Bala Krishnan C.R., Pirchner F.** Kappa casein polymorphism in the Indian dairy cattle and buffalo: A new genetic variant in buffalo // Anim. Biotech. – 1998. – N 9 (2). – P. 81–87.
 31. **Pipalia D.L., Ladani D.D., Brahmkshtri B. P., Rank D.N., Joshi C.G., Vataliya P.H., Solanki J.V.** Kappa casein genotyping of Indian buffalo breed using PCR-RELP // Buffalo J., – 2001. – N. 2. – P. 195–202.
 32. **Otaviano A., Tonhati H., Desiderio S.J.A., Munoz M.F.C.** Kappa casein gene study with molecular marker in female buffalos. // Gene and Mol.Biol. – 2005. – N 28 (2). – P. 237–241.
 33. **Тюлькин С.В., Ахметов Т.М., Валиулина Э.Ф., Вафин Р.Р.** Полиморфизм по генам соматотропина, пролактина, лептина, тиреоглобулина быков-производителей // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16, № 4/2. – С. 1008–1012.
 34. **Павлова Н.И.** Вариабельность генов крупного рогатого скота Якутии и их действие на молочную продуктивность // автореф. дис. ... канд. биол. наук. – п. Лесные Поляны, Московская область, 2017. – 23 с.
 35. **Leonova M.A., Getmantseva L.V., Kolosov A.Yu., Pristupa V.N.** Genetic marker of cow milk productiveness of the Red Steppe breed // Научный альманах стран Причерноморья. – 2015. – № 1. – С. 29–31.

REFERENCES

1. **Gerasimova L.A.** Immunogeneticheskie pokazateli bazovogo genofonda skota populyatsii OAO «Plemzavod Borodinskii» // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – 2014. – № 3. – S. 160–164.
2. **Loretets O.G., Matushkina E.V.** Vliyanie genotipa kappa-kazeina na tekhnologicheskie svoistva moloka // Agrarnyi vestnik Urala. – 2014. – № 3 (121). – S. 23–26.
3. **Zaripov O.G.** Genotipirovanie krupnogo rogatogo skota po genam beta-laktoglobulina i kappa-kazeina metodami DNK–tekhnologii: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Kazan', 2010. – 24 s.
4. **Shaidulin R.R., Ganiev A.S.** Otsenka polimorfizma gena kappa-kazeina u zhivotnykh cherno-pestroi porody // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. P.A. Stolypina. – 2015. – № 3 (31). – S. 104–109.
5. **Khabibrakhmanova A.Ya.** Polimorfizm genov molochnykh belkov i goronov krupnogo rogatogo skota: avtoref. diss...kand. biol. nauk. – Lesnye Polyany. Moskovskoi obl. VNIIPlem., 2009. – 19 s.
6. **Akyuz Bilal, Korhan Arslan, Davut Bayram, Kaan Miscan.** Allele frequency of kappa-casein, growth hormone and prolactin, gene in Holstein, Brown Swiss and Simmental cattle breeds in Turkeu // Kafkas Univ Vet Fak Derg – N 19 (3) – 2013. – S. 439–444.
7. **Tracovicka A., Moravcikova N., Navratilova A.** Kappa-casein gene polymorphism (CSN3) and its effect on milk production traits // Acta futotechnica et zootechnica. – Nitra, Slovak University Agriculture in Nitra – 2012. – N 3 – P. 61–64.
8. **Djedovic R., Bogdanovic V., Perisic P., Stanojevic D., Popovic J., Brka M.** Relationship between genetic polymorphism of k-casein and quantitative milk yield traits in cattle breeds and crossbreeds in Serbia // Genetika. – 2015. – Vol 47, N 1. – P 23–32.
9. **Pavlova N.I., Filippova N.P., Chugunov A.V., Dodokhov V.V.** Polimorfizm genov CSN3, LGB i PRL u krupnogo rogatogo skota v Respublike SAKhA (Yakutiya) // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2016. – T. 30, № 11. – S. 103–106.
10. **Lazebnaya I.V., Lazebnyi O.E., Maksimenko V.F., Sulimov G.E.** Polimorfizm genov gormona rosta i prolaktina v svyazi

- s признаками качества молока у крупного рогатого скота ярославской породы // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya – 2012. – № 3. – S. 39–44.
11. **Zakirova G.M., Sultanova R.R., Zinnatova F.F.** Polimorfizm gena prolaktina u korov tatarstanskogo tipa kholmogorskogo skota // Uchenye zapiski gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E Baumana. – 2011. – № 205. – S. 61–64.
 12. **Nekrasov A.A., Popov N.A., Popov A.N., Fedotova E.G.** Assotsiatsiya mo-lochnoi produktivnosti korov-pervotelok cherno-pestroi golshtinskoj porody s genami bGH, bPRL, k-CN // Sb. statei konferentsii, posvyashchenoi 85-letiyu so dnya rozhdeniya L.K. Ernsta – Kirov, 2015. – S. 246–251.
 13. **Popov A.N., Popov N.A., Khomushku Ch.M.** Issledovanie polimorfizma genov bGH, k-CN, bPRL v stadakh cherno-pestroi golshtinskoj porody // Problemy biologii produktivnykh zivotnykh. – 2011. – Spetsvyypusk № 4. – S 107–110.
 14. **Krytsina T.I., Kochnev N.N., Golubeva E.B., Aitnazarov R.B., Goncharenko G.M., Yudin N.S.** Assotsiatsiya polimorfizma – 824 A/G gena faktora nekroza opukholi s pokazatelyami rosta telyat krasnoi stepnoi porody // Vestnik NGAU. – 2014. – № 3 (33). – S. 71–75.
 15. **Lyukhanov M.P., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Sebezshko O.** Issledovanie odnonukdeotidnogo polimorfizma SNPs po genu TNFR1 u krupnogo rogatogo skota cherno-pestroi porody v Zapadnoi Sibiri v svyazi s molochnoi produktivnost'yu // Zootekhniya. – 2015. – № 3. – S. 2–3.
 16. **Lyukhanov M.P., Korotkevich O.S., Petukhov V.L.** Svyaz' SNPs gena TNF-α u cherno-pestrogo skota Zapadnoi Sibiri s pokazatelyami molochnoi produktivnosti // Glavnyi zootehnik. – 2014. – № 10. – S. 21–26.
 17. **Stachura A., Brym P. Bojarojcz-Nosowcz, Kaczmarczyk E.** Polymorphism and expression of the tumor necrosis factor receptor II gene in cows infected with the bovine leukemia virus // Polish Journal of Veterinary Sciences. – 2016. – Vol. 19, N 1. – P. 125–131.
 18. **Eremina I.Yu.** Otsenka stepeni geneticheskoi differentsiatsii matochnogo pogolov'ya Krasnoyarskogo tipa cherno-pestroi porody v SPK «Aleksievskii» // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 2 – S. 139–143.
 19. **Kalashnikova L.A., Khabibrakhmanova Ya.A., Pavlova I.Yu. i dr.** Rekomendatsii po genomnoi otsenke krupnogo rogatogo skota. – Lesnye Polyany, Moskovskaya oblast', 2015. – 33 s.
 20. **Sukhova N.O., Deeva V.S., Lepekhin I.N., Govorukhin D.V.** Gruppy krovi krupnogo rogatogo skota i ikh ispol'zovanie v selektsionnoi rabote: Metod. rekomendatsii. RASKhN. Sib. Otd-nie. SibNIPTIZh. – Novosibirsk. – 1992. – 48 s.
 21. **Merkur'eva E.K.** Biometriya v selektsii i genetike sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh. – M.: Kolos. – 1970. – 424 s.
 22. **Serebrovskii A.S.** Geneticheskii analiz. – M.: Nauka. – 1970. – 342 s.
 23. **Zhivotovskii L.A., Sorokovoi P.F., Mashurov A.M.** O vychislenii indeksov skhodstva mezhdru populyatsiyami zivotnykh po chastotam genov, kontroliruyushchikh polimorfnye priznaki // Genetika. – 1973. – T. 4. – S. 122–127.
 24. **Dolmatova I.Yu., Valitov F.R.** Otsenka geneticheskogo potentsiala krupnogo rogatogo skota po markernym genam // Vestnik Bashkirskogo universiteta. – 2015. – T 20, № 3. – S. 850–953.
 25. **Shaidulin R.R., Ganiev A.S.** Otsenka polimorfizma gena kappa-kazeina u zivotnykh cherno-pestroi porody // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. P.A. Stolypina. – 2015 – № 3 (31) – S. 104–109.
 26. **Machul'skaya E.V.** Uroven' molochnoi produktivnosti korov golshtinskoj porody cherno-pestroi masti raznykh genotipov po lokusu BoLADRB i kappa-kazeina // avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Stavropol', 2009. – 23 s.
 27. **Goncharenko G.M., Goryacheva T.S., Medvedeva N.S., Grishina N.B., Akulich E. G., Kononenko E.V.** Polimorfizm gena k-kazeina i syrodel'cheskie priznaki moloka korov simmental'skoi porody // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2013. – № 10. – S. 45–46.
 28. **Goncharenko G.M., Grishina N.B., Plakhina O.V., Gerasimchuk L.D., Bambukh V.I., Pankov E.A., Pankov S. A.** Vliyanie golshtinizatsii simmental'skoi porody na izmenenie polimorfizma genov CSN3, BLG i ikh svyaz' s produktivnost'yu i syroprigodnost'yu. // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2016. – № 4. – S. 44–53.
 29. **Kalashnikova L.A., Dunin I.M., Glazko V. I., Ryzhova N.V., Golubi-na E.P.** DNK-tehnologii otsenki sel'skokhozyaistvennykh

- zhivotnykh. – p. Lesnye Polyany: Izd-vo VNI-Iplem, 1999. – 148 s.
30. **Mitra A.P., Schlee P., Krause I., Blusch J., Werner T., Bala Krishnan C.R., Pirchner F.** Kappa casein polymorphism in the Indian dairy cattle and buffalo: A new genetic variant in buffalo // *Anim. Biotech.* – 1998. – N 9 (2). – P. 81–87.
 31. **Pipalia D.L., Ladani D.D., Brahmshetri B. P., Rank D.N., Joshi C.G., Vataliya P. H., Solanki J.V., Buffalo J.** Kappa casein genotyping of Indian buffalo breed using PCR-RELP. – 2001. – N. 2. – P. 195–202.
 32. **Otaviano A., Tonhati H., Desiderio S.J.A., Munoz M.F.C.** Kappa casein gene study with molecular marker in female buffalos. // *Gene and Mol.Biol.* – 2005. – N 28 (2) – P. 237–241.
 33. **Tyul'kin S.V., Akhmetov T.M., Valiulina E. F., Vafin R.R.** Polimorfizm po genam somatotropina, prolaktina, leptina, tireoglobulina bykov-proizvoditelei // *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii.* – 2012.– T. 16, № 4/2. – S. 1008–1012.
 34. **Pavlova N.I.** Variabel'nost' genov krupnogo rogatogo skota Yakutii i ikh deistvie na molochnyuyu produktivnost' // avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – p. Lesnye Polyany, Moskovskaya oblast', 2017. – 23 s.
 35. **Leonova M.A., Getmantseva L.V., Kolosov A.Yu., Pristupa V.N.** Genetic marker of cow milk productiveness of the Red Steppe breed // *Nauchnyi al'manakh stran Prichernomor'ya.* – 2015. – № 1. – S. 29–31.

COMPARATIVE EVALUATION OF POLYMORPHISMS IN THE CSN3, PRL, BLG AND TNF- α GENES AND BLOOD GROUPS IN SIMMENTAL COWS

G.M. GONCHARENKO, Doctor of Science in Biology, Laboratory Head,

S.N. MAGER, Doctor of Science in Biology, Head,

N.B. GRISHINA, Candidate of Science in Biology, Researcher,

T.S. KHOROSHILOVA, Junior Researcher,

O.V. PLAKHINA, Junior Researcher

Siberian Research and Technological Design Institute of Animal Husbandry, SFSCA RAS

Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia

e-mail: sibnptij@ngs.ru

A research was carried out into polymorphisms in the CSN3, PRL, BLG and TNF-alpha genes and immunogenetic characteristic of Simmentals from two herds in Novosibirsk Region and Altai Territory. The genotypes of the genes studied were identified by the PCR method, the genotype frequencies in different herds were determined, and population-genetic parameters were calculated. The research has shown that the herd from the highlands was characterized by higher frequency of the k-casein AA genotype by 0.179 and by lower frequency of the AB genotype by 0.142 as compared to animals from the steppe zone. The PRL gene was more than 0.7 represented by the homozygous genotype AA. No significant distinctions in the frequencies of the BLG and TNF-alpha genotypes were found in Simmentals from the herds compared. A comparative analysis of gene homozygosis in the herds has shown that its highest values of 72.1–76.3% were observed for the PRL gene in both herds. As to the other genes, a ratio of homo- and heterozygous genotypes was at the same level, except for the CSN3 gene, where the difference was 25.4%. The gene balance in the herds was not disturbed. The analysis of the allele frequencies of the genes studied has shown that the frequency of the CSN3 gene A allele was higher, and the frequency of the B allele was lower by 0.109, in Simmentals from the highlands as compared to those from the steppe zone. The selective-genetic parameters (C_a , SH , N_{aj} , V) calculated on the basis of the data obtained were at the same level in both herds. The antigenic similarity and difference between the herds of purebred Simmentals and their hybrids with Holsteins were determined by immunogenetic analysis. The genetic similarity index (r) between the herds has been calculated using the blood group frequencies, and turned out to be 0.755–0.866 that corresponds to its value of 0.918 determined by the genotype frequencies of the CSN3, PRL, BLG and TNF-alpha genes.

Keywords: Simmental, genes, genotypes, markers, polymorphism, homozygosis.

Поступила в редакцию 06.10.2017