

Научная статья/Research Article

УДК 636.2.034

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-190-198

Диана Александровна Авадани¹, Альбина Мушвиговна Шукюрова²,
Татьяна Александровна Кванская³, Татьяна Сергеевна Хорошилова⁴,
Галина Моисеевна Гончаренко⁵✉

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирская область, п. Краснообск, Россия

^{1,2,3,4,5}Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт животноводства Сибирского ФНЦ агrobiотехнологий РАН, Новосибирская область, п. Краснообск, Россия

¹kehi666@mail.ru

²al12-97@mail.ru

³vishnya51097@bk.ru

⁴tatagoryacheva@mail.ru

⁵gal.goncharenko@mail.ru

ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ РАЗНОГО ЭКОГЕНЕЗА ПО ГЕНАМ CSN3, BLG, PRL И TNF- α

Цель исследования – изучить генотипические особенности симментальской породы разного экогенеза и их изменение под влиянием голштинизации. Задачи: определение частоты генотипов и аллелей CSN3, BLG, PRL и TNF- α генов в исследуемых стадах, оценка популяционно-генетических параметров, мониторинг их изменчивости при скрещивании с красными голштинами. Объектом исследования были коровы симментальской породы из хозяйств Новосибирской области и Республики Алтай. Сравнительный анализ частоты генотипов изучаемых генов в разных стадах симменталов и мониторинге показал их относительное постоянство, за исключением гена CSN3, частота генотипов которого подверглась изменениям под влиянием голштинизации, при этом увеличилась встречаемость генотипа CSN3^{AA} с 38,5 до 75,6 % и снизилась частота CSN3^{BB} с 9,8 до 2,6 % ($p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$). В стаде ФГУП «АСЭХ» частота генотипа CSN3^{AA} была ниже 19,2 % в сравнении с выборкой из стада АО «Ивановское» в 2021 г. и соответственно более высокой (на 17,8 %), чем в 2017 г. Генное равновесие в стадах не нарушено, χ^2 находится в пределах 0,135–2,340. Гомозиготность по генам BLG и TNF- α варьирует от 50,0 до 53,5 %, по генам CSN3 и PRL от 62,7 до 76,3 %. Значение информационного полиморфизма (PIC) исследуемых генов составляет 0,237–0,496. Средняя гомозиготность (C_a) стад находится в пределах 54,82–61,75. Коэффициент гомозиготности (SH) наиболее высокий в стаде симменталов АО «Ивановское» в 2017 г. (11,76), т.е. до проведения голштинизации. Число эффективных аллелей (N_a) и степень генетической изменчивости (V) в исследуемых стадах находятся на одном уровне.

Ключевые слова: генотип, аллель, полиморфизм, генное равновесие, гомо- и гетерозиготность

Для цитирования: Популяционно-генетическая характеристика симментальской породы разного экогенеза по генам CSN3, BLG, PRL и TNF- α / Д.А. Авадани [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 12. С. 190–198. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-190-198.

Благодарности: работа выполнена при поддержке ФНТП FNUU-2022-0009.

Diana Alexandrovna Avadani¹, Albina Mushvigovna Shukyurova²,
Tatyana Alexandrovna Kvanskaya³, Tatyana Sergeevna Khoroshilova⁴,
Galina Moiseevna Goncharenko⁵✉

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk region, Krasnoobsk, Russia

^{1,2,3,4,5}Siberian Research and Design and Technological Institute of Animal Husbandry, Siberian FSC for Agrobiotechnologies of the RAS, Novosibirsk Region, Krasnoobsk, Russia

¹kehi666@mail.ru

²al12-97@mail.ru

³vishnya51097@bk.ru

⁴tatagoryacheva@mail.ru

⁵gal.goncharenko@mail.ru

POPULATION-GENETIC CHARACTERISTICS OF THE SIMMENTAL BREED OF DIFFERENT ECOGENESIS BY THE CSN3, BLG, PRL AND TNF- α GENES

The purpose of research is to study the genotypic characteristics of the Simmental breed of different ecogenesis and their changes under the influence of Holsteinization. Objectives: determination of the frequency of genotypes and alleles of CSN3, BLG, PRL and TNF- α genes in the studied herds, assessment of population genetic parameters, monitoring of their variability when crossing with red Holsteins. The object of the study were Simmental cows from farms in the Novosibirsk Region and the Altai Republic. A comparative analysis of the frequency of genotypes of the studied genes in different Simmental herds and monitoring showed their relative constancy, with the exception of the CSN3 gene, the frequency of genotypes of which underwent changes under the influence of Holsteinization, while the occurrence of the CSN3^{AA} genotype increased from 38.5 to 75.6 % and the frequency of CSN3^{BB} decreased from 9.8 to 2.6 % ($p \leq 0.01$; $p \leq 0.001$). In the herd of FSUE ASEH the frequency of the CSN3^{AA} genotype was lower by 19.2 % compared to the sample from the herd of JSC Ivanovskoe in 2021 and correspondingly higher (by 17.8 %) than in 2017. The gene balance in the herds is not disturbed, χ^2 is within the range of 0.135–2.340. Homozygosity for the BLG and TNF- α genes varies from 50.0 to 53.5 %, for the CSN3 and PRL genes from 62.7 to 76.3 %. The information polymorphism (PIC) value of the studied genes is 0.237–0.496. The average homozygosity (Ca) of the herds ranges from 54.82–61.75. The homozygosity coefficient (SH) is the highest in the Simmental herd of Ivanovskoye JSC in 2017 (11.76), i.e. before Holsteinization. The number of effective alleles (N_{a_j}) and the degree of genetic variability (V) in the studied herds are at the same level.

Keywords: genotype, allele, polymorphism, gene balance, homo- and heterozygosity

For citation: Population-genetic characteristics of the simmental breed of different ecogenesis by the CSN3, BLG, PRL and TNF- α genes / D.A. Avadani [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(12): 190–198. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-190-198.

Acknowledgments: the work has been carried out with the support of the FNUU Federal Research Center-2022-0009.

Введение. В селекции сельскохозяйственных животных генетические маркеры, к которым относятся также SNP (однонуклеотидные полиморфизмы), все чаще находят практическое применение в качестве эффективного инструментария для решения вопросов по прогнозированию генетического потенциала племенных животных, контроля достоверности происхождения молодняка, мониторинга изменения селекционно-генетических параметров стада:

уровня гомо- и гетерозиготности, инбридинга, генетической изменчивости и др.

Учитывая функциональную роль SNP в проявлении фенотипа, интерес представляет их связь с продуктивными качествами, а также изменение частот при жестком отборе или межпородном скрещивании. Из панели генов-маркеров чаще всего используются те, которые неоднократно зарекомендовали себя как имеющие ассоциативные связи с хозяйственно ценными

качествами. Приоритетность генотипа *CSN3^{BB}* по содержанию белка в молоке коров, сыропригодности показана во многих работах [1, 2].

Ген *BLG*, как показывают исследования [3–6], может использоваться как маркер молочной продуктивности и качественного состава молока, так как животные с гетерозиготным генотипом *BLG^{AB}* имеют более высокие показатели в сравнении с альтернативными генотипами.

Гормон пролактин обладает широким спектром физиологических функций и играет важную роль в работе яичников и обеспечении нормальной фертильности у женщин [7]. У крупного рогатого скота одноименный ген действует на показатели молочной продуктивности независимо от породы, и как показывают исследования, высокий уровень удоя имеют коровы с генотипом *PRL^{AA}* и *PRL^{AB}* [8]. Однако в исследованиях [9, 10], наоборот, приоритетное положение по содержанию жира и белка занимает генотип *PRL^{BB}*.

Семейство фактора некроза опухоли (*TNF*) является одним из наиболее ярких провоспалительных цитокинов, которые принимают участие в регуляции эмбриогенеза, отдельных нормальных физиологических функций, защитных реакций организма, процессов регенерации тканей [11]. Исследования полиморфизма гена *TNF- α* (824 A/G) у крупного рогатого скота показали его перспективность как гена маркера-кандидата, связанного с репродуктивными качествами и фертильностью коров молочного направления продуктивности [12].

Симментальская порода скота отличается высокими адаптационными качествами, хорошими показателями молочной продуктивности, оптимальными параметрами живой массы, а также крепкой конституцией, что обеспечивает ей ареал распространения в горной местности и степных районах. Для улучшения формы вымени и повышения молочной продуктивности породу скрещивают с красными голштинами, которые оказывают благоприятное воздействие на селекционируемые признаки, однако при этом изменяется генотипическая структура [13].

Цель исследований – дать сравнительную оценку стад симменталов разного экогенеза и провести мониторинг изменения селекционно-

генетических параметров при скрещивании с привлечением полиморфных генов *CSN3*, *BLG*, *PRL* и *TNF- α* .

Задачи: проведение молекулярно-генетического анализа методом ПЦР-ПДРФ коров симментальской породы, определение частот генотипов и аллелей, на основании которых дать сравнительную оценку популяционно-генетическим параметрам разных стад.

Материалы и методы. Исследования проведены в двух стадах симментальской породы разных регионов: степной (Новосибирская область) и горной (Республика Алтай) в количестве 463 голов, в том числе АО «Ивановское» в 2021 г. – 119 животных, 2017 г. – 195 животных (до процесса голштинизации). В ФГУП АЭСХ в 2017 г. протестировано 149 животных. Генотипирование методом ПЦР-ПДРФ проводилось по методикам, описанным в статьях и методических рекомендациях. Полиморфизм гена *CSN3*, *BLG*, *PRL* определяли по методике ПЦР-ПДРФ, разработанной во Всероссийском НИИ племенного дела [14]. Выявление полиморфизма гена *TNF- α* -824 A/G проводили согласно описанной методике [15].

Аmplификацию проводили в амплификаторе C1000 «BioRad». Визуализацию и идентификацию генотипов определяли электрофорезом в агарозном геле с использованием геледокументирующей системы E-Box-CX5.TS-20.M, в проходящем ультрафиолетовом свете по флуорисценции бромистого этидия.

Частотную характеристику генотипов изучаемых генов оценивали по формуле Харди-Вайнберга для двухаллельных систем с использованием критерия χ^2 . Определение коэффициента гомозиготности (C_a) популяции, уровня полиморфности (N_a), степени генетической изменчивости (V), меры информационного полиморфизма (PIC) проводили в соответствии с рекомендациями [16].

Результаты и их обсуждение. Изучение генотипической структуры симменталов и ее изменение были проведены в трех выборках, в т. ч. в одном стаде с интервалом 5 лет (табл. 1). Обращает внимание изменение частоты генотипов гена *CSN3*. В стаде симменталов АО «Ивановское» в 2017 г. 38,5 % коров имели ге-

нотип $CSN3^{AA}$, в 2021 г., после проведения голштинизации, таких животных стало уже абсолютное большинство – 75,6 %, зато частота генотипа $CSN3^{BB}$ снизилась с 9,8 до 2,6 % ($p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$). Генотипическая структура стада ФГУП «АСЭХ» занимает среднее положение

между выборками, отличаясь более низкой частотой генотипа $CSN3^{AA}$ – на 19,2 % от стада симменталов 2021 г. (АО «Ивановское») и соответственно более высокой (на 17,8 %) по сравнению с 2017 г. ($p \leq 0,001$).

Таблица 1

Частота генотипов $CSN3$, BLG , PRL и $TNF-\alpha$ генов в стадах симментальской породы

Генотип	АО «Ивановское»				ФГУП «АСЭХ»	
	<i>n</i>	2021 г.	<i>n</i>	2017 г.	<i>n</i>	2017 г.
$CSN3^{AA}$	90	75,6±3,9	75	38,5±3,5	84	56,4±4,1
$CSN3^{AB}$	26	21,8±3,8	101	51,8±3,6	56	37,6±4,0
$CSN3^{BB}$	3	2,6±1,5	19	9,8±2,1	9	6,0±1,9
BLG^{AA}	23	19,3±3,6	16	14,7±3,4	29	21,3±3,5
BLG^{AB}	62	52,1±4,6	63	57,8±4,7	64	47,1±4,3
BLG^{BB}	34	28,6±4,1	30	27,5±4,3	43	31,6±4,0
PRL^{AA}	–	–	75	71,3±4,4	115	73,3±3,5
PRL^{AB}	–	–	28	26,7±4,3	41	26,1±3,5
PRL^{BB}	–	–	2	1,9±1,3	1	0,6±0,6
$TNF-\alpha^{AA}$	–	–	18	12,2±2,7	27	19,9±3,4
$TNF-\alpha^{AG}$	–	–	73	49,3±4,1	60	44,1±4,3
$TNF-\alpha^{GG}$	–	–	57	38,5±4,0	49	36,0±4,1

Примечание: «–» – генотип не определялся.

В то же время при мониторинге частоты генотипов гена BLG стада АО «Ивановское» и его сравнительной оценке со стадом Горного Алтая (ФГУП «АСЭХ») различий не выявлено. Более половины животных были гетерезиготы, гомозиготный генотип BLG^{BB} выявлен с одинаковой частотой – 27,5–28,6 %. В исследованиях [5] в красной белорусской породе гетерозигот также было больше половины – 65,0 %, однако среди быков-производителей ГУП ГПП «Элита» животных с гомозиготным генотипом BLG^{BB} было выявлено на уровне 46,7 %.

Стада симменталов в АО «Ивановское» и ФГУП «АСЭХ» (2017 г.) характеризуются практически одинаковой частотой генотипов генов PRL и $TNF-\alpha$. Аналогичное соотношение генотипов гена PRL с преобладанием генотипа PRL^{AA} выявлено в стадах черно-пестрой голштинской и холмогорской пород [17, 18]. Однако в исследованиях на животных красной степной породы частота генотипа PRL^{BB} была установлена на уровне 0,48–0,60 [19].

Следует отметить, что частоты генотипов гена $TNF-\alpha$ в симментальской породе имеют отличный профиль от голштинов, где соотношение $GG : GA : AA$ определено как 66,67 : 29,33 : 3,40 [12].

Анализ частот аллелей исследуемых генов в сравниваемых стадах показал их примерно одинаковое значение, за исключением гена $CSN3$. В стаде ФГУП «АСЭХ» частота $CSN3^A$ аллеля этого гена выше, а аллеля B ниже на 0,109 в сравнении с симменталами ЗАО «Ивановское» 2017 г. ($p < 0,001$) (табл. 2).

На основании частот генотипов были рассчитаны популяционно-генетические параметры пород, анализ которых показывает, что генное равновесие не нарушено. χ^2 находится в пределах 0,135–2,340 (табл. 3). Гомозиготность по генам BLG , и $TNF-\alpha$ практически одинакова (50,0 и 53,5 %), по генам $CSN3$ и PRL она существенно выше и достигает 76,3 %. Значение информационного полиморфизма (PIC) исследуемых генов варьирует от 0,237 до 0,496.

Таблица 2

Частота аллелей в симментальской породе разного экогенеза

Генотип	АО «Ивановское», 2021 г.	АО «Ивановское», 2017 г.	ФГУП «АСЭХ», 2017 г.
<i>CSN3^A</i>	0,865±0,056	0,643±0,024	0,752±0,025
<i>CSN3^B</i>	0,134±0,056	0,357±0,024	0,248±0,025
<i>BLG^A</i>	0,454±0,032	0,436±0,340	0,449±0,030
<i>BLG^B</i>	0,546±0,032	0,564±0,340	0,551±0,030
<i>PRL^A</i>	–	0,848±0,025	0,863±0,019
<i>PRL^B</i>	–	0,152±0,025	0,137±0,019
<i>TNF-α^A</i>	–	0,368±0,028	0,419±0,030
<i>TNF-α^G</i>	–	0,632±0,028	0,581±0,030

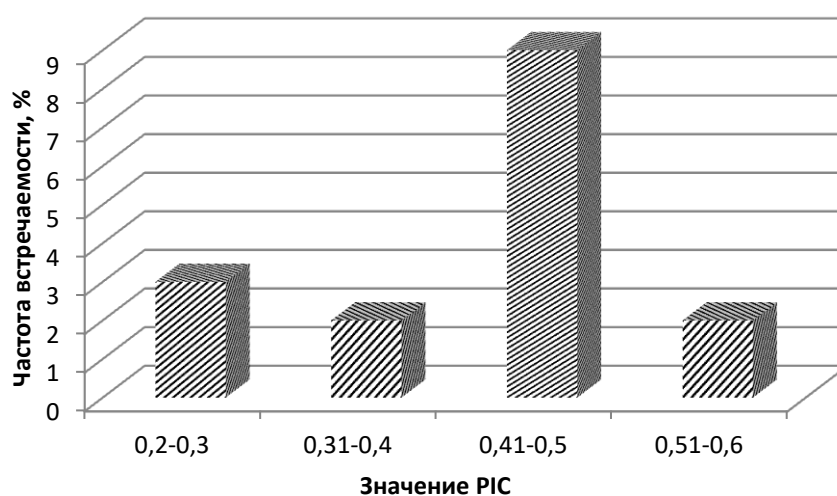
Таблица 3

Генное равновесие (χ^2), гомозиготность (Ca) и PIC генов в симментальской породе

Показатель	<i>CSN3</i>	<i>BLG</i>	<i>PRL</i>	<i>TNF-α</i>
АО «Ивановское», 2021				
Ca, %	76,2	51,1	–	–
χ^2	0,135	0,067	–	–
PIC	0,237	0,496	–	–
АО «Ивановское», 2017 г.				
Ca, %	54,0	50,8	72,1	53,5
χ^2	2,250	2,340	0,103	0,531
PIC	0,459	0,492	0,258	0,465
ФГУП «АСЭХ»				
Ca, %	62,7	50,0	76,3	53,5
χ^2	0,007	0,700	1,640	0,513
PIC	0,373	0,495	0,237	0,487

Значение PIC в основном находится на уровне 0,41–0,5, более низкие его значения, как и более высокие, имеют сравнительно немногие

животные (рис.). Аналогичные данные получены в исследованиях [16].



Распределение значения PIC в стадах симментальской породы

В то же время сравниваемые стада характеризуются незначительной вариативностью средней гомозиготности (Ca), которая находится в пределах 57,60–61,75 (табл. 4). При этом следует отметить, что коэффициент гомозиготности (SH) наиболее высокий в стаде симменталов

АО «Ивановское» (11,76) в 2017 г., т. е. до проведения голштинизации. Число эффективных аллелей (Na_J) и степень генетической изменчивости (V) в исследуемых стадах находятся на одном уровне.

Таблица 4

Популяционно-генетические параметры стада симменталов, %

Показатель	АО «Ивановское»		ФГУП «АСЭХ»
	2021 г.	2017 г.	2017 г.
Ca	61,75±4,45	57,60±3,53	60,62±4,01
SH	5,54±2,09	11,76±2,73	8,01±4,07
Na_J	1,70±1,18	1,72±1,10	1,66±1,06
V	42,4±4,53	42,29±4,19	40,24±4,08

Заключение. Исследования полиморфизма генов $CSN3$, BLG , PRL и $TNF-\alpha$ симментальской породы из разных регионов с параллельной селекцией, без смешения генофондов, показали стабильность генотипов, за исключением гена $CSN3$, что, по-видимому, связано с особенностями селекции и породной принадлежностью. Голштинизация оказала влияние на частоту генотипов гена $CSN3$ и BLG , однако частота генотипов PRL и $TNF-1 \alpha$ осталась на прежнем уровне. При оценке селекционно-генетических параметров стад и их мониторинге показано, что учитываемые показатели находились на одном уровне, кроме коэффициента гомозиготности, высокое значение которого (11,76) было зафиксировано у симменталов в 2017 г.

Полученные результаты, основанные на полиморфизме генов $CSN3$, BLG , PRL и $TNF-\alpha$, будут служить базой сравнения при мониторинге стад симменталов, их сравнительной оценке с другими породами молочного и мясного направления продуктивности.

Список источников

1. Влияние генетических факторов на продуктивность коров и качество молока / И.Ю. Михайлова [и др.] // Пищевая биотехнология. 2021. № 1. С. 36–40. DOI: 10.24411/0235-2486-2021-10007.
2. Ткаченко И.В., Гридина С.Л. Влияние полиморфных вариантов генов каппа-казеина и гормона роста на молочную продуктивность первотелок уральского типа // Известия ТСХА. 2018. Вып. 5. С. 87–95. DOI: 10.26897/0021-342X-2018-5-87-95.
3. Genetic variants of k-casein and b-lactoglobulin genes and their association with protein and milk components of Holstein Friesian cows at small farmers in Lembang West / Java A. Anggraeni [at al.] // 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Food Security: A Comprehensive Approach, KnE Life Sciences. 2017. P. 86–94.
4. Характеристика быков-производителей с комплексными генотипами генов BLG и $INOS$ по молочной продуктивности женских предков / Х.Х. Гильманов [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2020. Т. 241, № 1. С. 71–75. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-241-1-71-76.
5. Михалюк А.Н., Танана Л.А. Ассоциация комплекса полиморфных вариантов генов $DGAT1$, GH , PRL и BLG с показателями молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы // Молекулярная и прикладная генетика. 2022. Т. 33. С. 25–34. DOI: 10.52368/2078-0109-2023-59-1-62-70.

6. Генетические маркеры молочной продуктивности крупного рогатого скота / *Н.А. Худяков [и др.]* // Эффективное животноводство. 2020. № 6 (181). С.74–77. DOI: 10.24412/ci-33489-2022-6-74-77.
7. Обзор представлений о роли пролактина и пролактиновых рецепторов в репродуктивной системе женщин с наружным генитальным эндометриозом / *М.Р. Оразов [и др.]* // Журнал анатомии и гистологии. 2020. № 9 (2). С. 84–89. DOI: 10.18499/2225-7357-2020-9-2-84-89.
8. *Позовникова М.В., Сердюк Г.Н., Митрофанова О.Н.* Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов генов-кандидатов PRL и β -LG с хозяйственно полезными признаками у коров черно-пестрой породы // Генетика и разведение животных. 2017. № 4. С. 31–36.
9. *Епишко О.А., Пешко В.В., Пешко Н.Н.* Использование генов LGB, PRL и GH в качестве маркеров молочной продуктивности и селекции крупного рогатого скота белорусской черно-пестрой породы // Ученые записки. 2018. Т. 54, Вып. 2. С. 39–43.
10. *Patel J.B., Chauhan J.B.* Polymorphism of the prolactin gene and its relationship with milk production in gir and kankrej cattle // Journal of natural science, biology and medicine. 2017. Vol. 8. P. 167–170.
11. *Каштальян О.А., Ушакова Л.Ю.* Цитокины как универсальная система регуляции // Медицинские новости. 2017. № 9. С. 3–7.
12. *Фаттахова З.З., Гайнутдинова Э.Р., Шакиров Ш.К.* Экономические потери молока и выручка вследствие яловости коров с разными генотипами гена *TNF- α* // Ученые записки Казанской государственной академии им. Н.Э. Баумана. 2022. Т. 252, № 4. С. 216–221. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_4_252_216.
13. *Шендаков А.И.* Голшинская порода скота в Орловской области: ретроспективный анализ и современное состояние // Биология в сельском хозяйстве. 2020. № 2. С. 13–22.
14. Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота / *Л.А. Калашникова [и др.]* // Лесные Поляны, 2015. 33 с.
15. Исследование однонуклеотидного полиморфизма SNPs по гену TNF1 у крупного рогатого скота черно-пестрой породы в Западной Сибири в связи с молочной продуктивностью / *М.П. Ляханов [и др.]* // Зоотехния. 2015. № 3. С. 2–3.
16. *Чесноков Ю.В., Артемьева А.М.* Оценка меры информационного полиморфизма генетического разнообразия // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 5, № 5. С. 571–578. DOI: 10.15389/agrobio.2015.5.571rus.
17. Влияние полиморфизма генов молочных белков и гормонов на энергию роста телок черно-пестрой голштинской породы / *А.А. Некрасов [и др.]* // Таврический обозреватель. 2016. № 5 (10). С. 91–97.
18. Вариабельность молочной продуктивности холмогорских и черно-пестрых коров с различным генотипом пролактина / *Р.Р. Шайдуллин [и др.]* // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 1. С. 40–42. DOI: 10.12737/-2022-1-1-40-42.
19. *Иванова И.П., Троценко И.В., Кабицкая Я.А.* Полиморфизм гена пролактина в популяции молочного скота Омской области // Вестник КрасГАУ. 2023. № 1. С. 89–94. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-1-89-94.

References

1. Vliyanie geneticheskikh faktorov na produktivnost' korov i kachestvo moloka / *I.Yu. Mihajlova [i dr.]* // Pischevaya biotekhnologiya. 2021. № 1. S. 36–40. DOI: 10.24411/0235-2486-2021-10007.
2. *Tkachenko I.V., Gridina S.L.* Vliyanie polimorfnykh variantov genov kappa-kazeina i gormona rosta na molochnyuyu produktivnost' pervotelok ural'skogo tipa // Izvestiya TSHA. 2018. Vyp. 5. S. 87–95. DOI: 10.26897/0021-342X-2018-5-87-95.
3. Genetic variants of k-casein and b-lactoglobulin genes and their association with protein and milk components of Holstein Friesian cows at small farmers in Lembang West / *Java A. Anggraeni [at al.]* // 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Food

- Security: A Comprehensive Approach, KnE Life Sciences. 2017. P. 86–94.
4. Charakteristika bykov-proizvoditelej s kompleksnymi genotipami genov *BLG* i *INOS* po molochnoj produktivnosti zhenskikh predkov / *H.H. Gil'manov* [i dr.] // *Uchenye zapiski Kaznskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj medicyny im. N.Ė Baumana*. 2020. T. 241, № 1. S. 71–75. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-241-1-71-76.
 5. *Mihalyuk A.N., Tanana L.A.* Asociaciya kompleksa polimorfnyh variantov genov *DGAT1, GH, PRL* i *BLG* s pokazatelyami molochnoj produktivnosti korov krasnoj belorusskoj porodnoj grupy // *Molekulyarnaya i prikladnaya genetika*. 2022. T. 33. S. 25–34. DOI: 10.52368/2078-0109-2023-59-1-62-70.
 6. Geneticheskie markery molochnoj produktivnosti krupnogo rogatogo skota / *N.A. Hudjakov* [i dr.] // *Ėffektivnoe zhivotnovodstvo*. 2020. № 6 (181). S.74–77. DOI: 10.24412/cl-33489-2022-6-74-77.
 7. Obzor predstavlenij o roli prolaktina i prolaktinovyh receptorov v reprodukivnoj sisteme zhenschin s naruzhnym genital'nym ėndometriojom / *M.R. Orazov* [i dr.] // *Zhurnal anatomii i gistologii*. 2020. № 9 (2). S. 84–89. DOI: 10.18499/2225-7357-2020-9-2-84-89.
 8. *Pozovnikova M.V., Serdyuk G.N., Mitrofanova O.N.* Asociaciya odnonukleotidnyh polimorfizmov genov-kandidatov *PRL* i β -*LG* s hozyajstvenno poleznymi priznakami u korov cherno-pestroj porody // *Genetika i razvedenie zhivotnyh*. 2017. № 4. S. 31–36.
 9. *Epishko O.A., Peshko V.V., Peshko N.N.* Ispol'zovanie genov *LGB, PRL* i *GH* v kachestve markerov molochnoj produktivnosti i selekcii krupnogo rogatogo skota belorusskoj cherno-pestroj porody // *Uchenye zapiski*. 2018. T. 54, Vyp. 2. S. 39–43.
 10. *Patel J.B., Chauhan J.B.* Polymorphism of the prolactin gene and its relationship with milk production in gir and kankrej cattle // *Journal of natural science, biology and medicine*. 2017. Vol. 8. P. 167–170.
 11. *Kashtal'yan O.A., Ushakova L.Yu.* Citokiny kak universal'naya sistema regulyacii // *Medicinskie novosti*. 2017. № 9. S. 3–7.
 12. *Fattahova Z.Z., Gajnutdinova Ė.R., Shakirov Sh.K.* Ėkonomicheskie poteri moloka i vyruchka vsledstvie yalovosti korov s raznymi genotipami gena *TNF- α* // *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii im. N.Ė. Baumana*. 2022. T. 252, № 4. S. 216–221. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_4_252_216.
 13. *Shendakov A.I.* Golshinskaya poroda skota v Orlovskoj oblasti: retrospektivnyj analiz i sovremennoe sostoyanie // *Biologiya v sel'skom hozyajstve*. 2020. № 2. S. 13–22.
 14. Rekomendacii po genomnoj ocenke krupnogo rogatogo skota / *L.A. Kalashnikova* [i dr.] // *Lesnye Polyany*, 2015. 33 s.
 15. Issledovanie odnonukdeotidnogo polimorfizma SNPs po genu *TNF1* u krupnogo rogatogo skota cherno-pestroj porody v Zapadnoj Sibiri v svyazi s molochnoj produktivnost'yu / *M.P. Lyuhanov* [i dr.] // *Zootehniya*. 2015. № 3. S. 2–3.
 16. *Chesnokov Yu.V. Artem'eva A.M.* Ocenka mery informacionnogo polimorfizma geneticheskogo raznoobraziya // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2015. T. 5, № 5. S. 571–578. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.571rus.
 17. Vliyanie polimorfizma genov molochnyh belkov i gormonov na ėnergiyu rosta telok cherno-pestroj golshtinskoj porody / *A.A. Nekrasov* [i dr.] // *Tavricheskiy obozrevatel'*. 2016. № 5 (10). S. 91–97.
 18. Variabel'nost' molochnoj produktivnosti holmogorskih i cherno-pestryh korov s razlichnym genotipom prolaktina / *R.R. Shajdullin* [i dr.] // *Agrobiotekhnologii i cifrovoe zemledelie*. 2022. № 1. S. 40–42. DOI: 10.12737/-2022-1-1-40-42.
 19. *Ivanova I.P., Trocenko I.V., Kabickaya Ya.A.* Polimorfizm gena prolaktina v populyacii molochnogo skot Omskoj oblasti // *Vestnik KrasGAU*. 2023. № 1. S. 89–94. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-1-89-94.

Информация об авторах:

Диана Александровна Авадани¹, младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии, аспирант

Альбина Мушвиговна Шукюрова², младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии

Татьяна Александровна Кванская³, младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии

Татьяна Сергеевна Хорошилова⁴, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологии, кандидат биологических наук

Галина Моисеевна Гончаренко⁵, главный научный сотрудник лаборатории биотехнологии, доктор биологических наук

Information about the authors:

Diana Alexandrovna Avadani¹, Junior Researcher, Laboratory of Biotechnology, Postgraduate Student

Albina Mushvigovna Shukyurova², Junior Researcher, Laboratory of Biotechnology

Tatyana Alexandrovna Kvanskaya³, Junior Researcher, Laboratory of Biotechnology

Tatyana Sergeevna Khoroshilova⁴, Senior Researcher, Laboratory of Biotechnology, Candidate of Biological Sciences

Galina Moiseevna Goncharenko⁵, Chief Researcher, Laboratory of Biotechnology, Doctor of Biological Sciences

